

ADRIANA TIMOFIECSYK

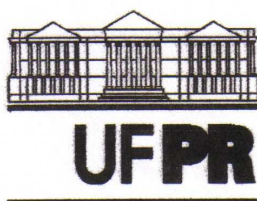
**PERDAS DE ÁGUA, SOLO E NUTRIENTES COM APLICAÇÃO DE
DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL
EM LATOSSOLO BRUNO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^ª Nerilde Favaretto, Ph. D.
Co-orientador: Prof^º Jeferson Dieckow, Dr.

CURITIBA

2009



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcsolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcsolo@ufpr.br

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **ADRIANA TIMOFIECSYK**, sob o título: **"Perdas de água, solo e nutrientes com aplicação de dejetos líquido bovino sob plantio direto e chuva natural em Latossolo Bruno"**, requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Pedologia e Manejo do Solo, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüida a candidata, são de Parecer pela **"APROVAÇÃO"** da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Pedologia e Manejo do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 20 de fevereiro de 2009.

Prof.^a. Dr.^a. Nerilde Favaretto, Presidente.

Prof.^a. Dr.^a. Neyde Fabíola Balarezo Giarola, I.^a. Examinadora.

Prof. Dr. Volnei Pauletti, II.^o. Examinador.



“A sua irritação não solucionará problema algum...
As suas contrariedades não alteram a natureza das coisas...
Os seus desapontamentos não fazem o trabalho que só o
tempo conseguirá realizar. O seu mau humor não modifica a
vida... A sua dor não impedirá que o sol brilhe amanhã sobre
os bons e os maus... A sua tristeza não iluminará os
caminhos... O seu desânimo não edificará ninguém... As suas
lágrimas não substituem o suor que você deve verter em
benefício da sua própria felicidade... As suas reclamações,
ainda mesmo afetivas, jamais acrescentarão nos outros, um só
grama de simpatia por você... Não estrague o seu dia.
Aprenda a sabedoria divina, a desculpar infinitamente,
construindo e reconstruindo sempre...
Para o infinito bem!”
Chico Xavier

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Jesus, Deus pai todo poderoso.

Ao meu pai por sempre me apoiar em todos os aspectos, à Salete pelo seu incentivo e dedicação, e em especial a minha irmã, Fabiana, que além de grande amiga, sempre está presente em todas as etapas da minha vida, ensinando, incentivando, cobrando e apoiando. A vocês meu eterno agradecimento.

Agradeço pelo dom da vida à minha mãe, que se fez ausente fisicamente, mas nunca em meu coração.

Ao Anderson, pela paciência, apoio, compreensão e companheirismo.

À Universidade Federal do Paraná pelo Programa de Pós Graduação em Ciências do Solo e seus laboratórios de Física do Solo, Fertilidade e Biogeoquímica.

À professora Nerilde pelos ensinamentos transmitidos e pela preocupação com o bom andamento da pesquisa, agradeço ao co-orientador Jeferson Dieckow pela amizade, apoio e colaboração e, agradeço à professora Neyde Fabíola Balarezo Giarola pela presença na banca examinadora e pelas considerações.

Ao professor Volnei Pauletti pelas considerações realizadas na banca examinadora e também pela total disponibilidade de fornecimento de dados e conhecimentos em todo o andamento da pesquisa.

A todos que de alguma forma deram a sua contribuição para a realização deste trabalho, em especial ao Daniel Resende Corrêa pela ajuda nas tabulações dos dados e ensinamento das ferramentas do Excel, ao Hélio Fumiaki Mori junto com o Éderson Fransciquini pela instalação do experimento, aos laboratoristas do Departamento de Solos, e ao Éder David Borges da Silva pela fundamental ajuda nas análises estatísticas.

Ao CNPq pela bolsa de estudo.

À Fundação ABC para Divulgação e Assistência Técnica Agropecuária e á sua equipe técnica, por ceder a área experimental de Castro, condução do experimento e pela realização das coletas das amostras e ao Rodrigo Yoiti Tsukahara pelo fornecimento de dados importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos verdadeiros, obrigada.

RESUMO

Com o aumento do uso de dejetos de animais na agricultura torna-se importante mensurar as perdas de nutrientes no escoamento superficial, pois altas concentrações de nutrientes na água, principalmente nitrogênio e fósforo, podem causar problemas ambientais e/ou de saúde humana e animal. O objetivo geral deste estudo foi avaliar as perdas de solo, água e nutrientes via escoamento superficial em Latossolo Bruno muito argiloso com 10% de declive, submetido a quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) sob plantio direto e chuva natural. O experimento foi conduzido na área experimental da Fundação ABC (Castro PR), no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. O volume do escoamento superficial de cada parcela (29,75 m²) foi coletado em reservatórios de 60 litros e medido com baldes e provetas volumétricas para a determinação da perda de água, após cada evento que gerasse escoamento. Desse volume coletado, foram retiradas alíquotas para determinação de perda de solo, carbono orgânico, nitrogênio e fósforo total e nitrato, amônio e fósforo solúvel. De maneira geral, o uso de dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de água, solo, carbono, nitrogênio e fósforo até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, porém doses crescentes de dejetos aumentaram as concentrações de nitrogênio e fósforo no escoamento superficial, principalmente na forma solúvel. As perdas de nitrogênio e de fósforo foram inferiores a 1% do total aplicado, no entanto as concentrações do fósforo e amônio no escoamento superficial, inclusive no tratamento sem aplicação de dejetos, ultrapassaram o limite máximo permitido pela legislação brasileira, indicando o potencial de contaminação e evidenciando a importância de técnicas conservacionistas, mesmo com plantio direto, para diminuir e evitar a entrada do escoamento superficial nos recursos hídricos. As concentrações médias ponderadas de nitrato também ultrapassaram o limite permitido, porém somente na maior dose. As perdas de água e de nutrientes foram maiores nas safras de verão, devido possivelmente a menor cobertura do solo e ao maior volume de precipitação bem como maior número de eventos de chuva.

Palavras-chave: escoamento superficial, adubação orgânica, fósforo, nitrogênio, eutrofização, qualidade de água.

ABSTRACT

With the increase of manure application in cropland, it is important to quantify the losses and concentrations of nutrients in runoff. High concentrations of nutrients, mainly nitrogen and phosphorus, can cause environmental problems and/or affect the human and animal health. The general objective of this study was to evaluate the losses of soil, water and nutrients in runoff in a very clay Oxisol with 10% slope submitted to four doses of cattle liquid manure (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹) under no-till and natural rainfall. The experiment was lead in the experimental area of the ABC Institute (Castro- PR), in blocks with four repetitions. The runoff volume of each experimental plot (29,75 m²) was collected in a 60 liters container and measured with buckets and volumetric tubes to obtain the water loss, after each rainfall event with runoff. The runoff was sampled to analyze soil losses, organic carbon, total nitrogen and total phosphorus. A subsample of runoff was filtered with 0,45 µm and analyzed for soluble nitrate, ammonium and phosphorus. In general, the use of cattle liquid manure lowered the losses of water, soil, carbon, nitrogen and phosphorus until the 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹, however increasing the dose increased the concentrations of nitrogen and phosphorus in runoff, mainly in the soluble form. The losses of nitrogen and phosphorus were lesser than 1% of the total applied, however phosphorus and ammonium concentrations in runoff were above the maximum limit allowed by the Brazilian legislation, indicating the potential for water contamination and evidencing the importance of conservations practices even with no-till, to reduce runoff and to avoid the runoff to reach the water body. The nitrate concentration was also above the limit, but only in the higher dose of cattle liquid manure. The losses of water and nutrients were higher in the summer, possibly because of the low soil cover and the higher rainfall volume as well as the bigger number of rainfall events.

Word-key: runoff, organic fertilization, phosphorus, nitrogen, eutrophication, water quality.

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1.	Análise química do solo (pH CaCl_2 e SMP, alumínio, hidrogênio mais alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo e carbono) em cinco profundidades, da área antes da instalação do experimento.....	17
Quadro 2.2.	Granulometria, diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo (DS), microporosidade, macroporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica saturada (CHS) do solo antes da instalação do experimento.....	18
Quadro 2.3.	Safra, cultura implantada, data da semeadura das culturas, quantidade adicionada de nitrogênio, fósforo e potássio ao solo, pela adubação mineral.....	19
Quadro 2.4.	Matéria seca e teores de nitrogênio, fósforo e potássio dos dejetos utilizados nas quatro aplicações ocorridas durante o experimento.....	19
Quadro 2.5.	Safra, data de aplicação do dejetos e quantidade adicionada de nitrogênio, fósforo e potássio de acordo com a dose aplicada de dejetos.....	20
Quadro 2.6.	Volume de precipitações ocorrido nos meses de maio de 2006 até abril de 2008.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Perda de água (A) e solo (B) nas doses de 0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos no período de 11/05/2006 a 30/04/08 em Latossolo Bruno sob plantio direto.....	23
Figura 2.2.	Perda (A) e concentração (B) de carbono orgânico total no escoamento superficial com aplicação de 0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.....	25
Figura 2.3.	Perda acumulada de água no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto.....	26

Figura 2.4.	Perda acumulada de carbono orgânico total, no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino em Latossolo Bruno sob plantio direto.....	26
Figura 2.5.	Perda acumulada de solo no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino em Latossolo Bruno sob plantio direto.	27
Figura 3.1.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de amônio nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.....	35
Figura 3.2.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrato nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.....	36
Figura 3.3.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrogênio total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08...	37
Figura 3.4.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrogênio particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08...	38
Figura 3.5.	Perda acumulada de amônio nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.....	39
Figura 3.6.	Perda acumulada de nitrato nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.....	39
Figura 3.7.	Perda acumulada de nitrogênio total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.....	40

Figura 3.8.	Perda acumulada de nitrogênio total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.....	40
Figura 4.1.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo solúvel nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (451 amostras analisadas).....	48
Figura 4.2.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (194 amostras analisadas).....	49
Figura 4.3.	Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (194 amostras analisadas).....	49
Figura 4.4.	Perda acumulada de fósforo solúvel nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 427 amostras analisadas.....	50
Figura 4.5.	Perda acumulada de fósforo particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 192 amostras analisadas.....	51
Figura 4.6.	Perda acumulada de fósforo total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m ³ ha ⁻¹ ano ⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 192 amostras analisadas.....	51

LISTA DE FOTO

Foto 2.1.	Visão das parcelas experimentais e dos galões coletores do escoamento superficial.....	20
------------------	--	----

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	12
CAPÍTULO 2 - PERDAS DE ÁGUA, SOLO E CARBONO ORGÂNICO TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO.....	14
2.1. RESUMO.....	14
2.2. ABSTRACT.....	14
2.3. INTRODUÇÃO.....	15
2.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
2.4.1. Caracterização da área.....	16
2.4.2. Caracterização química e física do solo.....	16
2.4.3. Tratamentos.....	18
2.4.4. Caracterização do dejetos líquido bovino.....	19
2.4.5. Parcelas.....	20
2.4.6. Coleta do escoamento superficial.....	21
2.4.7. Determinação da precipitação das chuvas.....	21
2.4.8. Determinação da perda de água.....	22
2.4.9. Determinação da perda de solo.....	22
2.4.10. Análises estatísticas.....	22
2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
2.6. CONCLUSÕES.....	27
2.7. LITERATURA CITADA.....	28
CAPÍTULO 3 - PERDAS E CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO NAS FORMAS SOLÚVEIS, PARTICULADA E TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO.....	31
3.1. RESUMO.....	31
3.2. ABSTRACT.....	31
3.3. INTRODUÇÃO.....	32
3.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.4.1. Determinação de nutrientes na forma solúvel.....	33
3.4.2. Determinação dos nutrientes na forma total.....	34
3.4.3. Análise Estatística.....	34
3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
3.6. CONCLUSÕES.....	41
3.7. LITERATURA CITADA.....	41
CAPÍTULO 4 - PERDAS E CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO NAS FORMAS SOLÚVEIS, PARTICULADA E TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO.....	44
4.1. RESUMO.....	44
4.2. ABSTRACT.....	44
4.3. INTRODUÇÃO.....	45
4.4. MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.6. CONCLUSÕES.....	52
4.7. LITERATURA CITADA.....	52
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO GERAL.....	56
ANEXOS.....	57

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

No solo, ocorrem fenômenos de natureza química, física e biológica, que afetam a disponibilidade dos nutrientes. Os mecanismos envolvidos nesses fenômenos são diversos e podem afetar os nutrientes diferentemente, em alguns casos aumentando a sua disponibilidade, em outras a diminuindo.

Em decorrência da intensa utilização do solo para produção de alimentos, a aplicação de fertilizantes e corretivos tornou-se indispensável na correção e manutenção da fertilidade dos solos. A aplicação contínua de fertilizantes na mesma área tende a elevar as concentrações de nutrientes além da necessidade das plantas e da capacidade do solo em adsorver esses nutrientes. O sistema plantio direto favorece a concentração de nutrientes na camada superficial, havendo uma maior propensão desses nutrientes serem removidos pelo escoamento superficial, comprometendo a qualidade da água, principalmente pelo aporte de nitrogênio e fósforo, os quais propiciam e estimulam a atividade primária das algas e plantas aquáticas.

A agricultura é considerada uma grande fonte de contaminação difusa ou não pontual dos recursos hídricos. Esta contaminação ocorre por meio dos resíduos de agrotóxicos, metais pesados, sedimentos, matéria orgânica, patógenos, nutrientes, entre outros poluentes, que são carregados pelo escoamento superficial até os rios.

O uso de dejetos na agricultura vem crescendo, o que potencialmente pode afetar a qualidade das águas, pois a aplicação de resíduo animal é normalmente baseada na necessidade de nitrogênio o que aumenta consideravelmente os níveis de fósforo no solo, elevando o potencial de perdas de fósforo, que em águas doces é o principal elemento responsável pela eutrofização.

Na região dos Campos Gerais do Paraná, que é uma região produtora de leite, esse problema é evidenciado, pois para solucionar o problema de dejetos animais gerados na propriedade, usa-se-os na agricultura. E caso a aplicação dos dejetos esteja aliada ao plantio direto sem terraços e com problemas de erosão, acaba-se aumentando o potencial de contaminação ambiental dos cursos de água.

Por esta razão, avaliou-se a concentração e a perda de nutrientes via escoamento superficial, bem como as perdas de água e solo, após chuva natural, em Latossolo muito argiloso sob plantio direto e aplicação de dejetos líquido bovino, visando a definição da dose máxima de dejetos líquido bovino sem causar problemas ambientais.

Este estudo teve como objetivos específicos:

- 1) Avaliar o efeito do dejetos nas perdas de água, solo e carbono;

- 2) Avaliar o efeito do dejetos nas perdas e concentrações de nutrientes nas formas solúvel, particulada e total, no escoamento superficial;
- 3) Avaliar as perdas de solo, água e nutrientes nas diferentes safras (verão e inverno);
- 4) Recomendar a dose máxima de aplicação de dejetos líquido bovino para esta condição experimental, considerando o aspecto ambiental.

Espera-se que quanto maior a dose de dejetos aplicada, maiores serão a concentração e a quantidade de nutrientes perdidas por escoamento superficial; nas estações de inverno espera-se menor perda de nutrientes por haver maior cobertura do solo e menor precipitação.

Esta dissertação é dividida por capítulos, o primeiro capítulo é composto por uma introdução geral, o segundo, terceiro e quarto capítulos seguem a formatação de um artigo científico. O segundo capítulo refere-se as perdas de água, solo e carbono orgânico total, o terceiro sobre as perdas e concentrações médias ponderadas de nitrogênio nas formas total, solúvel e particulada, o quarto sobre as perdas e concentrações médias ponderadas de fósforo nas formas total, solúvel e particulada; e o último capítulo é composto pela conclusão geral. Os resultados constituem o período de experimentação que foi de maio de 2006 a maio de 2008, abrangendo as safras de inverno e de verão.

CAPÍTULO 2 - PERDAS DE ÁGUA, SOLO E CARBONO ORGÂNICO TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO

2.1. RESUMO

A água e o solo perdidos, provenientes de áreas agricultáveis, possuem grande potencial contaminante, visto que o escoamento superficial transporta poluentes solúveis e adsorvidos nas partículas sólidas, sendo este o principal veículo de poluição não pontual ou difusa.. O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de água, solo e carbono orgânico total no escoamento superficial, com a aplicação de quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em Latossolo muito argiloso sob plantio direto e chuva natural, na região dos Campos Gerais do Paraná. O trabalho foi desenvolvido em Castro, dentro da unidade experimental da Fundação ABC, com clima classificado como Cfb e precipitação média anual de 1554 mm. A perda de água foi determinada após cada evento com formação de escoamento superficial por medição do volume de água coletado (mL), na área da parcela (29,75 m²), e transformado em mm de água perdida. Uma alíquota representativa de 30 mL da amostra do escoamento superficial foi coletada, para secagem a 105°C e determinação da perda de solo. O teor de carbono orgânico total foi obtido pelo método modificado de refluxo aberto para determinação da demanda química de oxigênio. A aplicação do dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de água, solo e de carbono orgânico total até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, o que indica ser esta a dose máxima recomendada no período de dois anos para solo muito argiloso de relevo moderadamente ondulado (10% de declive), em baixas precipitações e com no mínimo uma semana de intervalo entre a aplicação do dejetos e ocorrência de chuvas.

2.2. ABSTRACT

The water and soil losses from agriculture areas have a great water contamination potential, since the runoff transports soluble and particulate pollutants, being the main process of non point source pollution. The objective of this work was to quantify the water, soil and total organic carbon losses in runoff, with application of four doses of cattle liquid manure (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹) in a clay Oxissol under no tillage and natural rainfall, in the Campos Gerais region of the Paraná state. The work was carried out in the experimental area of the ABC Foundation, Castro, Paraná, with Cfb climate and annual average precipitation of 1554 mm. The loss of water was determined after each rainfall event with runoff by the volume of runoff collected (mL) in the plot area (29,75 m²), and transformed into mm. A runoff representative sample of 30 mL was collected for drying at 105°C and soil loss determination. The total organic carbon was obtained by the modified open reflux method to determinate oxygen chemical demand.. The cattle liquid manure application decreased the water, soil and total organic carbon losses until 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹. It indicates the maximum dose recommended in the two years period, for a clay soil with moderately sloping (10% slope), in low precipitations and with at least one week of interval between application of manure and rainfall events.

2.3. INTRODUÇÃO

O plantio direto, por manter a superfície do solo coberta, possui uma maior eficiência em controlar as perdas de solo do que as perdas de água (COGO et al., 2003). A menor eficácia do plantio direto no controle da perda de água deve-se pela capacidade de infiltração do solo ser finita, independentemente do sistema de preparo de solo (BERTOL et al., 2007).

A erosão hídrica, em eventos de baixa intensidade e longa duração, apresenta um caráter seletivo transportando os sedimentos mais finos, como argila e matéria orgânica, e como no plantio direto a incorporação se restringe aos primeiros centímetros de profundidade, os adubos utilizados concentram-se na camada superficial, a qual tem maior contato com as gotas da chuva e isto, conseqüentemente, facilita o arraste de nutrientes e sedimentos em suspensão (RESCK et al., 1980; SILVA et al., 2005). A condição física do solo, em especial a porosidade, é extremamente importante nas perdas de água e de solo. Solos como os Latossolos, os quais apresentam boa porosidade, e nos quais os macroporos estejam preservados, apresentam uma alta infiltração diminuindo o escoamento superficial (BERTOL, 2005).

A aplicação de dejetos de animais, num curto prazo, tem mostrado um potencial de diminuir a condutividade hidráulica e a infiltração de água no solo pelo selamento superficial (SMITH et al., 2001) além do caráter hidrofóbico (HAYNES & SWIFT, 1990). O tempo de aplicação do dejetos até a primeira chuva influencia diretamente as perdas de água e de solo. Em experimentos com chuva simulada e aplicação de dejetos líquido suíno e bovino, as perdas de solo, água e carbono orgânico foram maiores nos primeiros eventos de chuva (BERTOL et al., 2007; PELES, 2007; MORI, 2008). Já em experimentos de longo tempo de aplicação de dejetos (mais de três anos) pode ser observado o efeito benéfico do dejetos, melhorando a estrutura do solo, principalmente na camada superficial (BHATTACHAYYA et al., 2007; MELLEK, 2009), e conseqüentemente reduzindo o escoamento superficial (GILLEY et al., 2002).

A água e o solo perdidos, provenientes de áreas agricultáveis sem um correto manejo do solo, possuem grande potencial contaminante, visto que o escoamento superficial é o principal veículo de poluição não pontual ou difusa, pois transporta nutrientes e sedimentos para os corpos de água. Mesmo que a quantidade perdida seja baixa, o potencial contaminante ambiental pode ser alto, já que baixos níveis de elementos presentes na água são suficientes para torná-la imprópria para o consumo humano ou então causar danos à vida aquática.

Além dos nutrientes fósforo e nitrogênio, o carbono também é um elemento contaminante, pois sua presença nos corpos de água afeta a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água.

Quanto mais carbono na água, mais os organismos utilizarão o oxigênio para oxidar este material orgânico.

A intensidade de chuva afeta diretamente os processos de perdas, uma vez que as chuvas mais intensas tem maior capacidade de remover sedimentos do que as chuvas de menor intensidade. No Paraná com solos originários do basalto, os períodos de maior uso de dejetos nas lavouras, são na primavera e verão, períodos estes que concentram chuvas de maiores intensidades, ou seja, maior será o potencial de arraste destas chuvas e maior será o potencial de contaminação ambiental (BERTOL, 2005).

O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas de água, solo e carbono orgânico total no escoamento superficial, com a aplicação de quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em Latossolo muito argiloso sob plantio direto e chuva natural, na região dos Campos Gerais do Paraná.

2.4. MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1. Caracterização da área

O presente trabalho foi desenvolvido em Castro – PR, dentro da unidade experimental da Fundação ABC, numa área com declividade de 9,6 %, solo classificado como LATOSSOLO BRUNO Distrófico típico (EMBRAPA/FUNDAÇÃO ABC, 2001), textura muito argilosa, sob plantio direto há mais de 15 anos.

O clima da região é classificado como Cfb, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1554 mm, série histórica de 1954 a 2001 (IAPAR, 2008).

2.4.2. Caracterização química e física do solo

O solo antes da instalação do experimento foi coletado nas profundidades 0-2,5, 2,5-5, 5-10 e 10-20 e 20-30 cm com trado calador para as análises químicas e físicas (granulometria). Para cada profundidade foram coletadas 15 subamostras para compor uma amostra composta.

Com relação à caracterização química do solo (Quadro 2.1) analisou-se, de acordo com a metodologia de PAVAN et al. (1992), o pH em CaCl₂ 0,01 M, H + Al obtido pelo pH SMP, cálcio e magnésio via extração com KCl 1 M e determinação por espectrofotometria de absorção atômica;

alumínio via extração com KCl 1 M e determinação por titulação com Na(OH); fósforo (P) e potássio (K) com extração Mehlich I e carbono (C) com extração via dicromato de potássio – sendo P e C determinados por colorimetria e o K por fotometria de chama.

Quadro 2.1. Análise química do solo (pH CaCl₂ e SMP, alumínio, hidrogênio mais alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo e carbono) em cinco profundidades, da área antes da instalação do experimento.

Profundidade (cm)	pH CaCl ₂	pH SMP	Al	H+AL	Ca	Mg	K	P	C
					cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³	g dm ⁻³
0 – 2,5	5,6	6,3	0	4,0	6,6	2,5	0,48	10,4	31,7
2,5 - 5,0	5,5	6,2	0	4,3	5,8	1,9	0,30	4,2	31,7
5,0 – 10,0	5,3	6,0	0	5,0	5,0	1,3	0,20	3,7	26,9
10,0 – 20,0	5,3	6,1	0	4,6	4,5	1,0	0,16	2,5	22,0
20,0 – 30,0	5,4	6,3	0	4,0	3,9	0,8	0,10	1,0	19,0

Os parâmetros físicos do solo são apresentados no Quadro 2.2. A granulometria foi determinada pela metodologia do densímetro (EMBRAPA, 1997) em amostras de 0-2,5, 2,5-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade. Para a estabilidade de agregados foram coletadas as amostras num mini perfil aberto no campo, nas mesmas profundidades da granulometria, sendo estas amostras passadas na peneira de 8 mm, e posteriormente colocadas num jogo de cinco peneiras (com malhas de 4, 2, 1, 0,5 e 0,25 mm) para a determinação por via úmida (EMBRAPA, 1997).

Para a determinação da condutividade hidráulica, densidades de solo e partículas, foram coletadas amostras indeformadas em anéis volumétricos, com três repetições nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico. A densidade de partículas pelo método do balão volumétrico. A condutividade hidráulica do solo saturado foi analisada por meio da adaptação da metodologia do permeâmetro de carga constante. A microporosidade foi determinada pela mesa de tensão a 60 cm, a porosidade total foi obtida pelo cálculo que envolve as densidades de solo e partículas e a macroporosidade se deu pela diferença da porosidade total com a microporosidade (EMBRAPA, 1997).

Quadro 2.2. Granulometria, diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP), densidade do solo (DS), microporosidade, macroporosidade, porosidade total e condutividade hidráulica saturada (CHS) do solo antes da instalação do experimento.

Profundidade cm	Granulometria				DMP mm	DS g cm ⁻³	Porosidade			CHS mm h ⁻¹
	g kg ⁻¹						%			
	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa			Micro	Macro	Total	
0,0 – 2,5	663	150	61	126	3,09	0,884*	39,7*	24,6*	64,3*	15,78*
2,5 – 5,0	700	104	66	130	3,33					
5,0 – 10,0	700	101	73	126	3,01	1,007	44,2	14,1	58,3	4,44
10,0 – 20,0	712	109	66	113	2,73	1,134	45,3	13,7	59,0	0,37
20,0 – 30,0	725	99	73	103	2,48	1,059	46,0	13,3	59,3	0,65

* Profundidade do solo de 0 a 5 cm.

2.4.3. Tratamentos

Os tratamentos consistiram de uma testemunha (sem aplicação de dejetos) e três doses de dejetos: 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, sendo estas doses aplicadas metade no plantio das culturas de inverno e metade nas de verão, em superfície, entre as linhas de plantio e sem incorporação, com regadores manuais, num sistema de rotação aveia preta, milho, aveia preta e soja.

Os tratamentos foram distribuídos em quatro blocos de forma inteiramente casualizada, totalizando dezesseis unidades experimentais.

Para cada safra o dejetos era coletado em propriedade produtora de gado leiteiro, de sistema confinado, sendo a alimentação baseada em silagem, sal mineral e ração.

A adubação mineral (Quadro 2.3) foi igual em todos os tratamentos sendo efetuada conforme a necessidade da cultura que foi implantada na área.

Quadro 2.3. Safra, cultura implantada, data da semeadura das culturas, quantidade adicionada de nitrogênio, fósforo e potássio ao solo, pela adubação mineral.

Safra	Cultura implantada	Data de semeadura	N	P	K
		kg ha ⁻¹		
Inverno 2006	Aveia Preta	10/05/2006	0	0	0
Verão 2006/2007	Milho	03/10/2006	187,1 ¹	48,9 ¹	67,3 ¹
Inverno 2007	Aveia Preta	03/05/2007	0	0	0
Verão 2007/2008	Soja	02/11/2007	0 ²	17,47 ²	30,77 ²

¹ 400 kg ha⁻¹ do Formulado 14-28-00 na semeadura; 350 kg ha⁻¹ do Formulado 25-00-25 mais 100 kg de uréia em cobertura; ² 200 kg ha⁻¹ do Formulado 00-20-20.

2.4.4. Caracterização do dejetos líquido bovino

O teor de matéria seca e dos nutrientes (Quadro 2.4) na forma total em base seca foram fornecidos pela Fundação ABC. A matéria seca foi determinada por gravimetria, o teor de nitrogênio foi determinado pelo extrator Dumas por combustão, o teor de fósforo foi determinado por digestão com ácido clorídrico e colorimetria e para o potássio, foi utilizado o método do extrator pelo ácido nítrico-clorídrico por espectrofotometria de absorção atômica (MARTINS & REISSMANN, 2007).

As quantidades de nutrientes aplicadas ao solo para cada dose do desejo nas diferentes safras são apresentadas no Quadro 2.5.

Quadro 2.4. Matéria seca e teores de nitrogênio, fósforo e potássio dos dejetos utilizados nas quatro aplicações ocorridas durante o experimento.

Data de aplicação	Matéria Seca g L ⁻¹	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
		g kg ⁻¹⁽¹⁾	g L ⁻¹⁽²⁾	g kg ⁻¹⁽¹⁾	g L ⁻¹⁽²⁾	g kg ⁻¹⁽¹⁾	g L ⁻¹⁽²⁾
11/05/06	90,5	20,1	1,82	8,51	0,77	38,15	3,46
05/10/06	75,5	23,2	1,74	8,12	0,61	31,5	2,37
04/05/07	43,3	22,2	0,95	9,6	0,41	34,6	1,48
30/11/07	89,6	22,5	2,00	8,25	0,73	31,46	2,80

⁽¹⁾ Teor determinado em base seca;

⁽²⁾ Teor em base úmida calculado pelo teor de matéria seca.

Quadro 2.5. Safra, data de aplicação do dejetos e quantidade adicionada de nitrogênio, fósforo e potássio de acordo com a dose aplicada de dejetos.

Safr	Data de aplicação	30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹			60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹			90 m³ ha⁻¹ ano⁻¹		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
	kg ha⁻¹.....								
Inverno 2006	11/05/06	54,8	23,2	104	109,6	46,4	208	164,4	69,6	312
Verão 2006.2007	05/10/06	52,3	18,3	71,1	104,6	36,6	142,2	156,9	54,9	213,3
Inverno 2007	04/05/07	28,6	12,4	44,6	57,2	24,8	89,2	85,8	37,2	133,8
Verão 2007.2008	30/11/07	60	22	84	120	44	168	180	66	252
TOTAL (em 2 anos)		195,7	75,9	303,7	391,4	151,8	607,4	587,1	227,7	911,1

2.4.5. Parcelas

As parcelas do experimento foram instaladas em maio de 2006, cada uma com 9 metros de comprimento por 3,5 metros de largura. As parcelas foram delimitadas por chapas galvanizadas de 10 cm de altura, introduzidas à 5 cm no solo. Na parte inferior da parcela, no último um metro, essas chapas foram dispostas em "V", a fim de canalizar o escoamento superficial para um cano de PVC de 100 mm que conduzia a mesma para um reservatório com capacidade de 60 litros. A área de cada parcela foi de 29,75 m².

As chapas foram removidas nas operações de semeadura e colheita, sendo recolocadas logo em seguida, nos mesmos lugares, após estas operações.

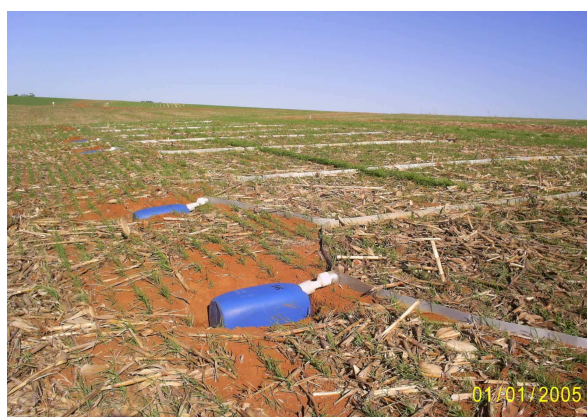


Foto 2.1. Visão das parcelas experimentais e dos galões coletores do escoamento superficial.

2.4.6. Coleta do escoamento superficial

No período de 11/05/2006 (instalação do experimento) até 30/04/2008 foram 37 datas de coletas. Estas foram realizadas após cada chuva que produzisse escoamento. A primeira chuva que gerou escoamento, após a instalação do experimento, foi em setembro de 2006. O intervalo entre a aplicação do dejetos e a primeira chuva com formação de escoamento foi de 130 dias, 11 dias, 5 dias, e 10 dias respectivamente para a safra inverno 2006, verão 2006/2007, inverno 2007 e verão 2007/2008.

O volume de escoamento foi medido em baldes e com provetas graduadas. Após a medição do volume, retirou-se uma mostra representativa, acondicionado-a em garrafa de 500 mL, devidamente limpa com HCl 3%. As amostras foram congeladas para posterior análise.

2.4.7. Determinação da precipitação das chuvas

As precipitações pluviométricas foram coletadas de hora em hora, no local do experimento pela estação meteorológica da Fundação ABC e foram tabuladas por mês durante o período experimental (Quadro 2. 6).

Quadro 2.6. Volume de precipitações ocorrido nos meses de maio de 2006 até abril de 2008.

Meses	2006	2007	2008
mm.....		
Janeiro	-	192,5	103,6
Fevereiro	-	168	90
Março	-	86	123,75
Abril	-	61,75	200,2
Maio	8,25	87,75	-
Junho	23,5	6,5	-
Julho	18,5	134	-
Agosto	40,5	18,55	-
Setembro	132,5	31,75	-
Outubro	93,25	54	-
Novembro	115,5	119	-
Dezembro	91,6	277,75	-
Total	524 (maio a dezembro)	1237 (janeiro a dezembro)	518 (janeiro a abril)

- Período não avaliado

Precipitação média anual de 1.554 mm (IAPAR, 2008).

2.4.8. Determinação da perda de água

O volume de água coletado (mL), para cada tratamento, na área da parcela (29,75 m²), foi transformado em mm de água perdida.

2.4.9. Determinação da perda de solo

Uma alíquota representativa de 30 mL da amostra do escoamento superficial foi coletada, de cada amostra do escoamento, para posterior secagem a 105°C para a determinação da perda de solo. Essa perda de solo foi a ocorrida na parcela (29,75 m²), e através deste estimou-se a perda de solo por hectare.

2.4.10. Análises estatísticas

As perdas de água, solo e carbono orgânico total foram analisadas em relação à quantidade perdida, em gramas por hectare, e a concentração do carbono orgânico total foi determinada pela média ponderada, multiplicando a concentração pelo volume de água perdido em cada coleta, esses produtos foram somados e o resultado desta soma foi dividido pela perda total de água no período, para cada tratamento. As perdas acumuladas foram calculadas somando a perda de cada evento até o último do período.

Foi realizada a análise de regressão em todas as variáveis analisadas, para avaliar como as perdas e concentrações se comportam entre os tratamentos, utilizando-se o software STATGRAPHICS® Centurion VX, Version 15.1.02 e para as perdas acumuladas foi utilizado o SigmaPlot® windows Version 10.0, Systat software 2006.

2.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando os valores da perda total de água (Figura 2.1 A) com o menor valor obtido em experimento com chuva natural (SEGANFREDO, et al., 1997), e com os menores valores de perda em experimentos com chuva simulada (PELES, 2007; MORI, 2008) conclui-se que os valores de perda de água foram muitos baixos, representando no mínimo três vezes menos, ressaltando que as

precipitações ocorridas no período de avaliação também foram inferiores às obtidos pelos autores citados acima.

No entanto, a perda de água diminuiu com a aplicação do dejetos líquido bovino quando comparado com o tratamento adubado somente com fertilizante mineral (Figura 2.1 A) contrariando os resultados obtidos por BERTOL et al. (2007), PELES (2007) e MORI (2008). Essa diferença provavelmente ocorreu devido a duração do experimento e ao tempo entre a aplicação do dejetos e a ocorrência da chuva. Experimentos de curta duração onde as aplicações de chuvas ocorrem logo após a aplicação do dejetos resultam em maiores perdas de solo e de água, fato possivelmente justificado pela formação do selamento superficial do solo ocasionado pela adição do dejetos, diminuindo assim a infiltração e a condutividade hidráulica do solo (SMITH et al., 2001). Já nos experimentos de longa duração, a aplicação de dejetos pode melhorar a qualidade física do solo (ZANG et al., 2006; MELLEK, 2009) pela carga de material orgânico favorecendo a atividade microbiana e o crescimento de raízes.

A aplicação de dejetos diminuiu a perda de água até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Até esta dose, possivelmente, o efeito benéfico do dejetos líquido bovino na melhoria da qualidade física do solo contribuiu no aumento da infiltração o que acarretou uma menor perda de água. No entanto, com a aplicação de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ o efeito prejudicial da aplicação foi possivelmente superior ao efeito benéfico acarretando em maiores perdas de água.

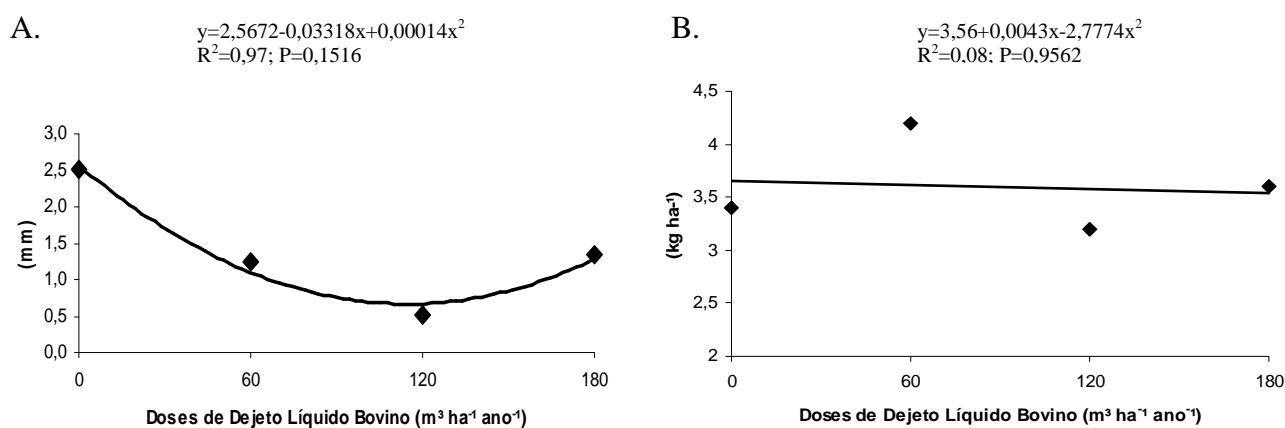


Figura 2.1. Perda de água (A) e solo (B) nas doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08 em Latossolo Bruno sob plantio direto.

A perda de solo não foi significativamente influenciada pelas doses de dejetos (Figura 2.1 B), sendo as perdas de solo consideradas agronomicamente muito baixas (SEGANFREDO et al., 1997; BERTOL et al., 2007), o que não significa que sejam menos impactantes sob o aspecto ambiental, pois os nutrientes existentes no solo, especialmente na sua camada superficial, são transportados tanto adsorvidos aos sedimentos do solo quanto solubilizados na água, o que faz com que as perdas

por escoamento superficial se torne uma das maiores fontes de poluição difusa da água (SCHAEFER et al., 2002; BERTOL et al., 2003).

A perda de solo não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Figura 2.1 B). As quantidades de solo perdidas foram menores que 4 kg ha^{-1} durante todo o período (maio/2006 – maio/2008), o que mostrou a importância do plantio direto no controle de perdas de solo, no entanto, apesar de ser agronomicamente aceitável, esta quantidade de solo perdida pode ser ambientalmente prejudicial como foi mencionado no parágrafo anterior.

Cabe ressaltar que a área da parcela é de apenas $29,75 \text{ m}^2$ e os dados de perdas foram extrapolados para hectare, não representado, obviamente todos os processos erosivos que ocorrem em encostas maiores.

Para o carbono orgânico total, as perdas (Figura 2.2 A) foram semelhantes as perdas de água (Figura 2.1 A), e as concentrações (Figura 2.2 B) semelhantes as perdas de solo (Figura 2.1 B). BERTOL et al. (2007a) e LEITE et al. (2004) observaram uma correlação positiva entre perdas de carbono e perdas de solo, mas neste estudo foi a concentração que mostrou esta relação, o que era de se esperar em função da concentração de sedimento no escoamento (dados não apresentados), a qual foi similar a concentração de carbono orgânico.

A relação perda de carbono/perda de sedimento foi maior para o tratamento sem aplicação do dejetos e para a maior dose de dejetos líquido bovino, aproximadamente 22 % para ambos os tratamentos. Para as doses de $60 \text{ e } 120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a relação foi de 18% e 11%, respectivamente. Para o tratamento sem a aplicação do dejetos o carbono perdido é totalmente oriundo da matéria orgânica do solo, e nos tratamentos com a aplicação do dejetos além da matéria orgânica do solo também há o material orgânico perdido do próprio dejetos, o qual pode ser na forma sólida ou solúvel.

O tratamento sem aplicação de dejetos bovino apresentou a maior perda de carbono (Figura 2.2 A), devido a maior perda de água (Figura 2.1 A), no entanto a concentração foi similar aos tratamentos com aplicação de dejetos, exceto para a dose de $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Nesta dose observa-se uma menor perda de carbono orgânico em relação a dose $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, porém com a maior concentração o que indica um grande potencial contaminante, sob o aspecto ambiental. A menor perda ocorreu na dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Estes resultados evidenciaram que em áreas com plantio direto, mesmo sem aplicação de dejetos, outras práticas conservacionistas deveriam ser buscadas a fim de conter o escoamento na área agrícola evitando que chegasse aos mananciais.

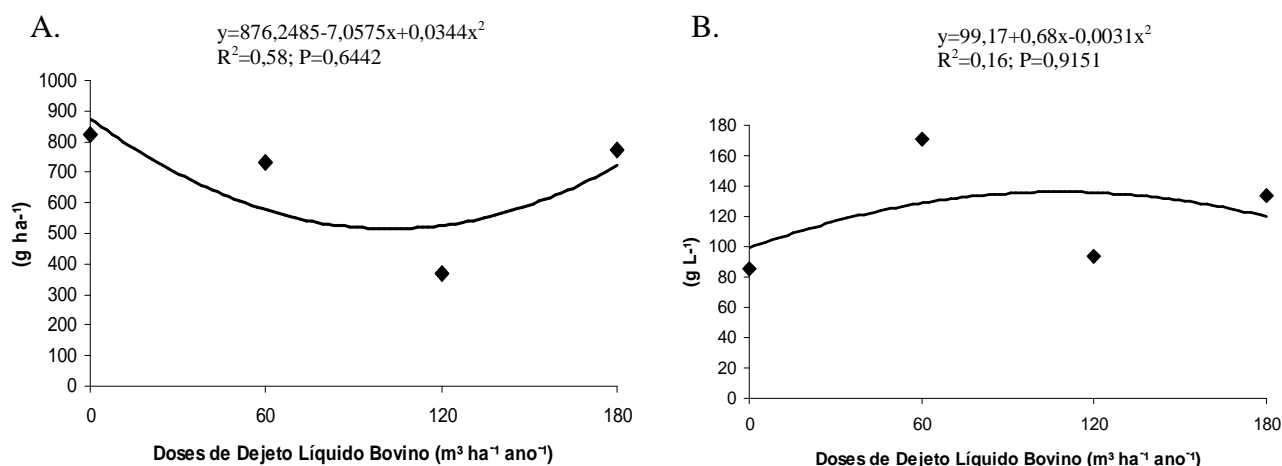


Figura 2.2. Perda (A) e concentração (B) de carbono orgânico total no escoamento superficial com aplicação de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

A concentração de carbono orgânico evidencia o elevado potencial de contaminação das águas deste escoamento superficial, uma vez que a matéria orgânica na água será mineralizada reduzindo o oxigênio dissolvido, e também aumentado a concentração de nitrogênio e fósforo provenientes desta mineralização (EGHBALL et al., 2002).

Analisando as figuras de perdas acumuladas de água (Figura 2.3) com a de carbono orgânico total (Figura 2.4) nota-se que os acréscimos nas perdas acumuladas sempre se deram nas safras de verão, sendo o maior acréscimo compreendido no verão de 2006/2007, principalmente pelas coletas de 16/10/2006 a 27/04/2007, e pelos maiores eventos de chuva nessa safra, totalizando 779 mm de precipitação.

Para a perda acumulada de solo (Figura 2.5) da mesma forma que a perda acumulada de água (Figura 2.3) se observa os menores valores na dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Para as doses de 0 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ observa-se uma evolução crescente na perda de solo, porém no período de verão de 2007/2008 a dose de 60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ apresentou um acréscimo superior às outras doses, devido a duas coletas (14/02/2008 e 25/02/2008) as quais ocasionaram um maior transporte de sedimentos no escoamento superficial.

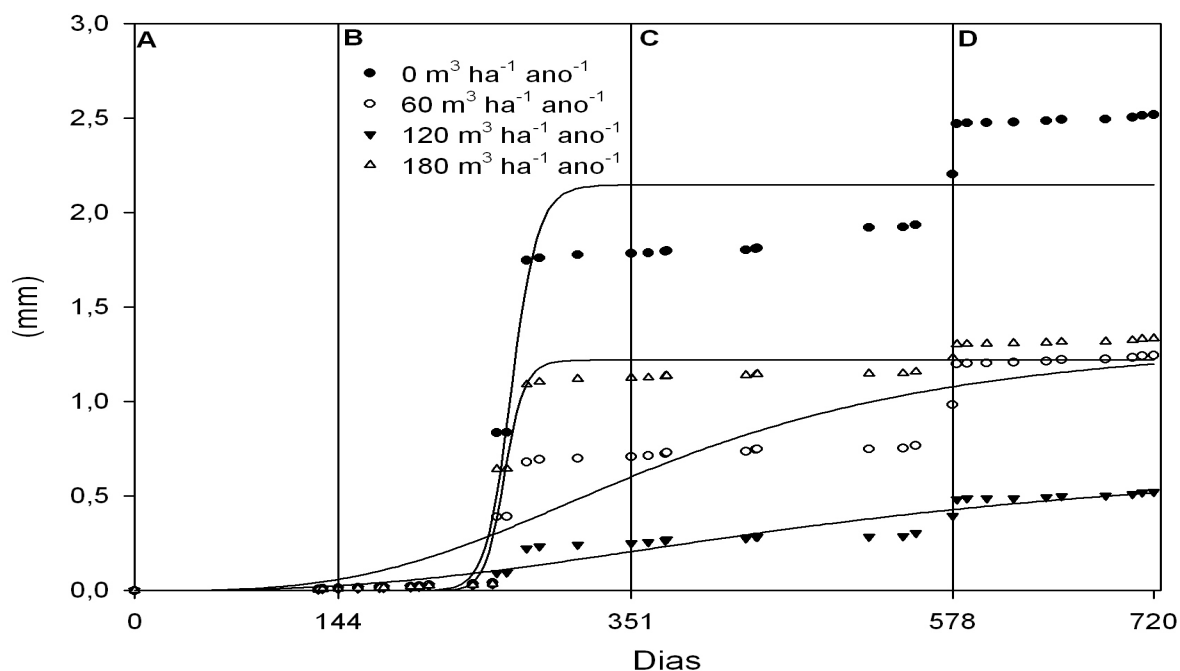


Figura 2.3. Perda acumulada de água no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto.

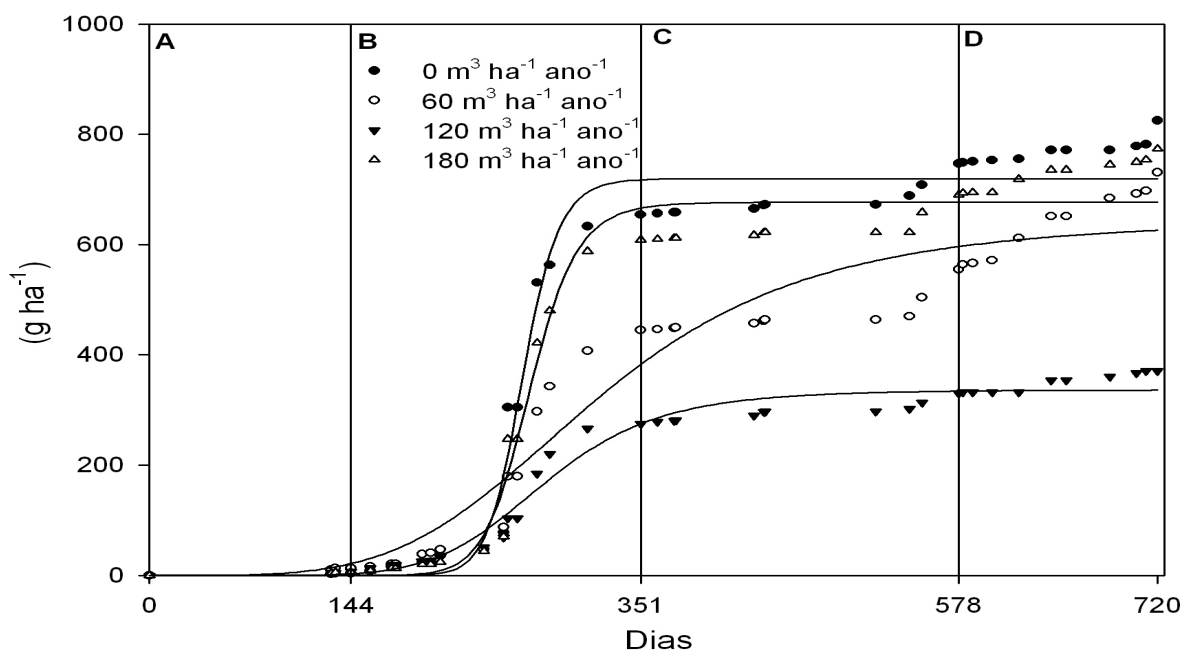


Figura 2.4. Perda acumulada de carbono orgânico total, no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto.

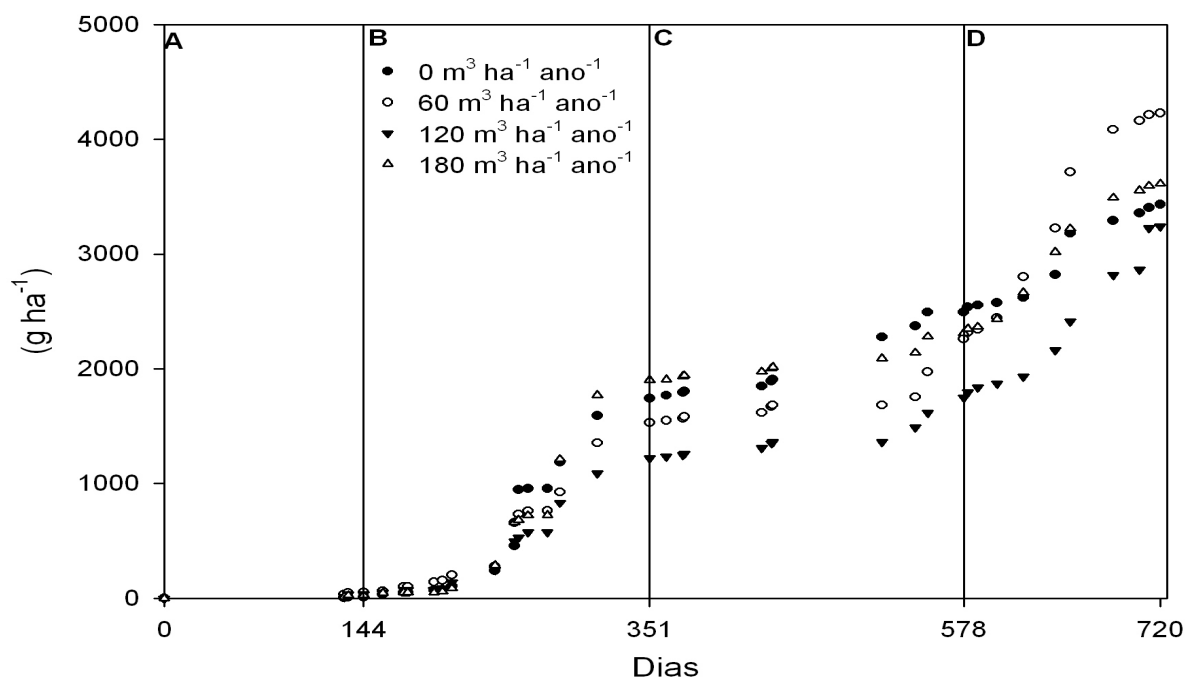


Figura 2.5. Perda acumulada de solo no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações de Inverno 2006 (A), Verão 2006/2007 (B), Inverno 2007 (C) e Verão 2007/2008 (D) nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos em Latossolo Bruno sob plantio direto.

2.6. CONCLUSÕES

1. A aplicação do dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de água, solo e de carbono orgânico total até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, o que indica ser esta a dose máxima recomendada para solo muito argiloso, declive moderadamente ondulado, baixas precipitações e com no mínimo uma semana de intervalo entre a aplicação do dejetos e ocorrência de chuvas. No entanto, não se pode afirmar sobre o potencial poluidor porque mesmo pequenas quantidades de nutrientes são suficientes para contaminar os mananciais e, portanto técnicas conservacionistas para diminuir o escoamento superficial, mesmo em plantio direto, são necessárias para evitar a contaminação ambiental.

2.7. LITERATURA CITADA

APHA, American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 19 ed. Washington D.C.: American Public Health Association, 1995.

BHATTACHAARYYA, R.; CHANANDRA, S.SINGH, R.D.; KUNDU, S.; GUPTA, H.S. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat-soybean rotation. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 2, p. 386-396, 2007.

BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.V.; CARRAFA, M.R. Nutrient losses by water erosion. **Scientia Agrícola**, v.60, n.3, p. 581-586, 2003.

BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.

BERTOL, O. J.; RIZZI, N. E.; BERTOL, I.; ROLOFF, G. Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n.4, p. 781-792, 2007.

BERTOL, I.; ENGEL, F. L.; MAFRA, A. L.; BERTOL, O. J.; RITTER, S. R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 1, p. 142-150, 2007a.

BOYD, C.; TUCKER, C. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Alabama: Auburn University, 1992.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTELET, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

COGO, N.P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R.A. Perda de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 743-753, 2003.

EGHBALL, B.; GILLEY, E. Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or compost application. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 1201-1210, 1999.

EGHBALL, B.; WIENHOLD, B. J.; GILLEY, J. E.; EIGENGERG, R. A. Mineralization of manure nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 470-473, 2002.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997.

EMBRAPA – Fundação ABC. **Mapa do levantamento semidetalhado de solos: Município de Castro**. Elaborado por FASOLO, P. J.; CARVALHO, A. P.; BOGNOLA, I. A.; POTER, R. O. EMBRAPA – Fundação ABC, 2001.

GILLEY, J. E.; RISSE, L.M.; EGHBALL, B.: Managing runoff following manure application. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 530-533, 2002.

HAYNES, R.J.; SWIFT, R.S. Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. **Journal of Soil Science**, v. 41, p. 73-83, 1990.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Monitoramento agroclimático. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Ponta_Grossa.htm>. Acesso em novembro, 2008.

LEITE, D.; BERTOL, I.; GUADAGNIN, J.C.; RITTER, S.R. Erosão hídrica em um Nitossolo Háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. II - Perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, p. 1033-1044, 2004.

MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químico-analíticos. **Scientia Agraria**, v. 8, p.1-17, 2007.

MELLEK, J. E. **Dejeto líquido bovino e alterações em atributos físicos e estoque de carbono de um Latossolo sob plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MORI, H. F. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejeto líquido bovinos e chuva simulada**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D.C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade**. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1992 (Circular, 76).

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejeto líquido de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2007.

RESCK, D. V. S.; FIGUEIREDO, M. S.; FERNANDES, B.; RESENDE, M.; SILVA, T. C. A. Intensidade de perdas de nutrientes em um Podzólico Vermelho-amarelo, utilizando-se simulador de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 4, p. 188-192, 1980.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos Microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.5, p. 669-678, 2002.

SEGANFREDO, M. L.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 287-291, 1997.

SHARPLEY, A.N.; SMITH, S.J.; NANEY, J.W. Environmental impact of agricultural nitrogen phosphorus use. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 35, n. 5, p. 812-817, 1987.

SILVA, D.D.; PRUSKI, F. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; AMORIM, R. S. S.; PAIVA, K. W. N. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409-419, 2005.

SILVA, A. M. da.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; LIMA, J. M. de.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Perdas de solo, água, nutrientes e carbono orgânico em Cambissolo e Latossolo sob chuva natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n.12, p. 1223-1230, 2005^a.

SMITH, K. A.; JACKSON, D. R.; PEPPER, T. J. Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manures to arable land. I. Nitrogen. **Environmental Pollution**, v. 112, p. 41-51, 2001.

ZHANG,S.; YANG,X.; WISS,M.; GRIP,H.; LOVDAHL,L. Changes in physical properties of a loess soil in China following two long-term fertilization regimes. **Geoderma**, v.136, v. 3-4, p. 579-587, 2006.

CAPÍTULO 3 - PERDAS E CONCENTRAÇÕES DE NITROGÊNIO NAS FORMAS SOLÚVEIS, PARTICULADA E TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO

3.1. RESUMO

O nitrogênio do solo pode ser transportado pelo escoamento superficial na forma solúvel ou particulada, no entanto, perdas via subsuperfície são predominantes, principalmente na forma de nitrato.. O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas e concentrações de nitrogênio nas formas solúvel, total e particulada no escoamento superficial, em quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em Latossolo Bruno sob plantio direto, e indicar a melhor dose de aplicação na agricultura considerando o aspecto ambiental. O presente trabalho foi desenvolvido em Castro, dentro da unidade experimental da Fundação ABC, com clima classificado como Cfb e precipitação média anual de 1554 mm. A aplicação do dejetos líquidos bovinos aumentou as concentrações médias ponderadas de amônio e nitrato, porém diminuiu as quantidades perdidas, em função das menores perdas de água. As concentrações médias ponderadas de nitrato no escoamento superficial estão abaixo do limite permitido, pela legislação brasileira, até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, no entanto, as concentrações médias ponderadas de amônio estão muito acima do limite permitido mesmo sem a aplicação do dejetos. Os menores valores de nitrogênio particulado e total foram também obtidos na dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, indicando ser esta a dose máxima de aplicação em condições de baixa precipitação em solo muito argiloso e com no mínimo uma semana de intervalo entre a aplicação do dejetos e a ocorrência de chuvas.

3.2. ABSTRACT

The nitrogen can be carried by runoff in the soluble and particulate form, however, losses by subsurface are dominant, mainly for nitrate. The objective of this work was to quantify the losses and concentrations of nitrogen in the soluble, total and particulate form in runoff in four doses of cattle liquid manure (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹) in Latossolo Bruno with no-till and to indicate the best dose of application in agriculture, considering the environmental aspect. This work was carried out in Castro, in the experimental area of the ABC Foundation, with as Cfb climate and annual average precipitation of 1554 mm. The application of cattle liquid manure increased the concentrations of ammonium and nitrate, however the amount lost was lower, as a result of the lower water loss. The runoff weighed mean nitrate concentrations were below of the limit allowed for the Brazilian legislation until 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹, however, the ammonium weighed means concentrations were very above of the limit allowed, evenly without manure application. The lesser values of particulate and total nitrogen also were in the 120 dose of m³ ha⁻¹ year⁻¹, indicating to be this the maximum dose in conditions of low intensity rainfall, very clay soil and with at least one week of interval between the manure application and the rainfall events.

3.3. INTRODUÇÃO

A produção animal no Brasil vem crescendo o que implica em aumento da produção de dejetos, os quais vem sendo utilizados na agricultura. No entanto, o uso do dejetos na agricultura geralmente ocorre de forma desbalanceada, pois é normalmente aplicado para suprir a necessidade de nitrogênio. A relação N:P dos dejetos é geralmente 4:1 e a das culturas é 8:1, gerando um excedente de fósforo no solo e consequentemente aumentando a perda deste nutriente via escoamento superficial (SHARPLEY, 1995; SHIGAKI et al., 2006).

O fósforo e o nitrogênio em altas concentrações na água promovem o crescimento de organismos em ecossistemas aquáticos afetando a qualidade de água, entre outros, pela mudança na composição e funcionamento da biota, pelas florações de espécies potencialmente tóxicas e pelo aumento da biomassa de macrófitas (MIWA et al., 2007).

O nitrogênio, além da eutrofização, também pode causar problemas à saúde humana. A síndrome do bebê azul ou metahemoglobinemia é causada pelo nitrogênio na forma de nitrato (DINNES et al., 2002). O nitrogênio amoniacal (amônia + amônio) é prejudicial tanto para a saúde humana como para a vida aquática. Por estas razões as concentrações de nitrogênio nas formas de nitrato e amoniacal são controladas pela legislação a fim de assegurar a potabilidade e qualidade das águas. De acordo com a portaria do Ministério da Saúde nº 518 de março de 2004 (BRASIL, 2004), o valor máximo permitido de N-nitrato é de 10 mg L⁻¹ e 1,5 mg L⁻¹ para amônia. A resolução 357 de 17 de março de 2005 do CONAMA (BRASIL, 2005) também enquadra limites permitidos de acordo com o uso das águas, sendo para N-nitrato o mesmo limite definido pelo Ministério da Saúde. Na resolução 357 do CONAMA, os teores máximos permitidos para nitrogênio amoniacal (amônio + amônia) dependem do pH da água devido a dependência do pH na transformação de amônio para amônia e vice versa, e da sensibilidade dos peixes a forma de amônia.

O nitrogênio do solo pode ser transportado pelo escoamento superficial tanto na forma solúvel (N-nitrato e N-amônio) como particulada (N orgânico e inorgânico adsorvido ao sedimento). O N orgânico, quando mineralizado, libera a amônia (NH₃), que em solos ácidos é convertida a amônio (NH₄), ou nitrato (NO₃) pela ação de bactérias nitrificantes (THICKE et al., 1993). Além da mineralização da matéria orgânica, o nitrogênio nas formas inorgânicas (NH₄⁺ e NO₃⁻) provém da aplicação de fertilizantes minerais (FERNANDES & ROSSIELLO, 1995).

O nitrogênio na forma de amônio, mesmo em sistemas não conservacionistas tem maiores perdas pelo escoamento superficial do que por lixiviação, uma vez que se encontra relativamente adsorvido nas cargas negativas do solo. Já o nitrato é altamente móvel no solo, sendo perdido principalmente por lixiviação (EGHBALL & GILLEY, 1999). No entanto, perdas de nitrato por

escoamento superficial podem ocorrer principalmente em chuvas logo após uma aplicação de fertilizantes na superfície do solo. O plantio direto controla as perdas de nutrientes porém não é eficiente para controlar as concentrações destes no escoamento superficial (GUADAGNIN et al., 2005), devido a fertilização concentrada na camada superficial do solo.

O tempo de aplicação e o teor de matéria seca do dejetos influenciam nas formas perdidas de nitrogênio. CERETTA et al. (2005) observaram que perdas por escoamento superficial poucos dias após a aplicação de dejetos apresentaram alta concentração de amônio e, com o passar dos dias, houve aumento nas perdas de nitrato, ou seja, o tempo transcorrido foi suficiente para promover a nitrificação. De maneira geral, a concentração de nitrogênio no escoamento aumenta consideravelmente com o aumento da dose do dejetos (BERTOL et al., 2007; NICOLAISEN et al., 2007; PELES, 2007; MORI, 2008), possivelmente pela alta concentração de nitrogênio amoniacal nos dejetos (SCHERER et al., 1996). Por esta razão se faz necessário adotar medidas que diminuam as perdas e as concentrações de nutrientes reduzindo, por sua vez, o potencial poluidor do escoamento superficial dessas áreas.

O objetivo deste trabalho foi quantificar as perdas e concentrações de nitrogênio nas formas solúvel, total e particulada no escoamento superficial, em quatro doses de dejetos líquido bovino (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) em Latossolo muito argiloso sob plantio direto, e indicar a dose adequada de aplicação de dejetos líquido bovino, na agricultura, considerando o aspecto ambiental.

3.4. MATERIAL E MÉTODOS

As caracterizações da área, da química e física do solo, dos tratamentos, do dejetos líquido bovino, das parcelas, da coleta do escoamento superficial e da perda de água já foram descritas no capítulo 2 desta dissertação.

3.4.1. Determinação de nutrientes na forma solúvel

Para as análises de nutrientes solúveis na água, foi feita a filtração das amostras por um filtro de membrana de éster de celulose com 0,45 micrômetros. Este filtrado foi congelado para posterior leitura por espectrofotometria.

As metodologias utilizadas para as análises de nutrientes nas formas solúveis, foram as descritas por APHA (1995). Os elementos foram determinados por colorimetria em

espectrofotômetro sob comprimento de onda de 220 e 275 nm para o nitrato e 640 nm para o amônio.

O amônio solúvel foi determinado pelo o método do fenato. Este método baseia-se na reação do fenol com o hipoclorito sódico que forma o azul de indofenol, tornando-se possível a determinação por colorimetria (APHA, 1995).

A determinação do nitrato solúvel foi feita pela metodologia do ácido clorídrico (HCl 1N), a qual previne a interferência de altas concentrações de hidróxidos ou carbonatos pela acidificação com HCl. Após leitura das amostras em comprimento de onda 220 nm, foi realizada a leitura em comprimento de onda de 275 nm para determinação de interferências, entre elas a de material orgânico.

3.4.2. Determinação dos nutrientes na forma total

O nitrogênio total presente no escoamento superficial foi determinado por digestão Kjeldahl (APHA, 1995). Uma alíquota de 10 mL foi retirada das amostras não filtradas, após homogeneização, e foram adicionadas 5 mL da solução digestora. As amostras foram digeridas em bloco digestor até atingir a temperatura de 380°C, a cada 30 minutos a temperatura era elevada a cada 30°C e, após atingir a temperatura de 100°C a elevação de temperatura era de 50°C a cada 1 hora. Adotou-se esta seqüência de aumentos para evitar perda de amostra por possíveis respingos na ebulição. Depois de resfriadas as amostras foram transferidas para balões volumétricos de 50 mL e o volume foi completado com água deionizada.

O nitrogênio Kjeldahl foi determinado em espectrofotômetro sob comprimento de onda de 640 nm, seguindo a mesma metodologia utilizada para determinar o amônio solúvel. Como a digestão Kjeldahl não inclui o nitrato, o nitrogênio total foi obtido pela soma do nitrogênio Kjeldahl com o nitrato solúvel da água do escoamento superficial (SHARPLEY et al., 1987).

3.4.3. Análise Estatística

Para as análises de perda e concentração foi realizada a análise de regressão em todas as variáveis analisadas, como foi descrito no item 2.4.10 do capítulo 2. As relações de perda de nutrientes solúveis em relação ao total basearam-se somente nas datas que foram analisadas todas as formas dos nutrientes na mesma amostra, ou seja, foram consideradas nestas relações apenas as amostras que tiveram os teores de solúvel, total e de particulado analisados. O número de amostras

que tiveram todos os teores analisados foi inferior à quantidade de amostras que tiveram o teor de solúvel determinado, esta diferença deve-se à quantidade de água perdida (escoamento superficial) não ser suficiente para processar todas as análises.

3.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de amônio (Figura 3.1 A) e nitrato (Figura 3.2 A) diminuíram com a aplicação de dejetos até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, estando positivamente relacionadas com as perdas de água (Figura 2.1 A), o que era esperado. No entanto a concentração média ponderada de amônio (Figura 3.1 B) e de nitrato (Figura 3.2 B) aumentaram com a aplicação crescente de dejetos.

As perdas foram influenciadas pela quantidade de água perdida por hectare e, as concentrações pela quantidade aplicada, concordando com CERETTA et al. (2005); PELES (2005) e MORI (2008). Apesar das menores perdas de água com a aplicação de dejetos até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, observou-se maiores concentrações em alguns eventos de chuva, mostrando grande efeito das concentrações nesses eventos particulares (dados não apresentados). Este acréscimo na concentração, principalmente de amônio, se deve a grande disponibilidade desse elemento nos dejetos. Estima-se que nos dejetos armazenados anaerobiamente cerca de 70% do nitrogênio inorgânico esteja na forma amoniacal, ou seja, $\text{N-NH}_4 + \text{N-NH}_3$ (SCHERER et al., 1996).

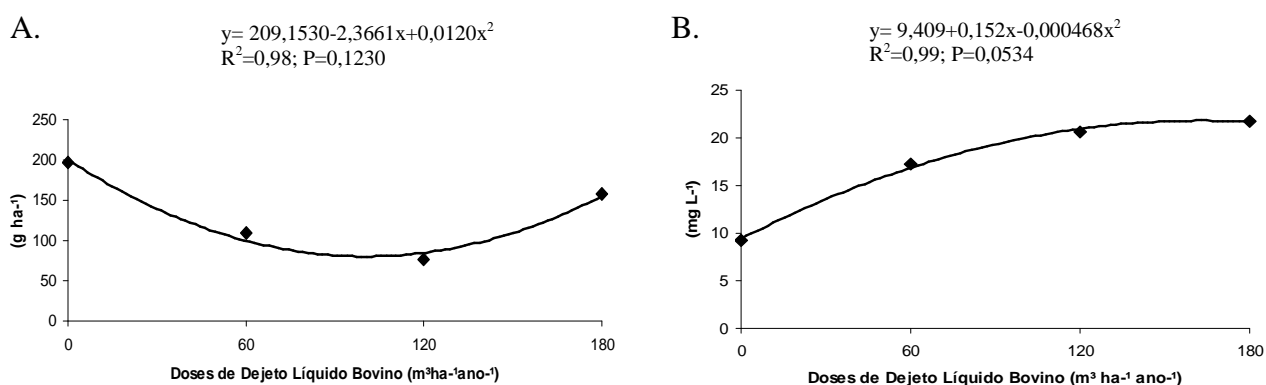


Figura 3.1. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de amônio nas doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

Com base nos resultados, percebe-se que quanto maior a carga de dejetos, maior a concentração no escoamento, possivelmente deve-se a maior quantidade de nutrientes adicionada,

mas também pela maior quantidade de sólidos aplicada, o que pode propiciar um selamento no solo, justificando as maiores perdas desses nutrientes pelo escoamento superficial na maior dose de dejetos líquido bovino (SMITH et al., 2001).

Comparando as quantidades perdidas de amônio (Figura 3.1 A) e de nitrato (Figura 3.2 A) observa-se maiores perdas de amônio do que nitrato. Isso ocorreu provavelmente devido a maior aplicação de amônio do que nitrato via dejetos e também pela dinâmica destes elementos no solo. O amônio tende a ser adsorvido nas partículas e, portanto perde-se mais por processos erosivos enquanto que o nitrato, diante da sua baixa reatividade e alta mobilidade, é preferencialmente perdido por lixiviação. Na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ nota-se que a perda de nitrato foi a maior dentre as doses, evidenciando que o nitrato, além de ser perdido por lixiviação, também pode ser perdido pela erosão via escoamento superficial. Este fato pode ser explicado pela alta concentração de compostos gordurosos nos dejetos (DINEL et al., 1998) o que dificulta a infiltração de água no solo, propiciando maior volume do escoamento superficial potencialmente rico em nutrientes.

A quantidade de perda de nitrato na dose de $0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ se deve à quantidade de água perdida. Nesta dose, possivelmente, não houve a melhoria da estrutura física do solo pela ação do dejetos e, conseqüentemente, não promoveu a melhoria da condutividade hidráulica e da infiltração (OLIVEIRA et al., 2000; MELLEK, 2009).

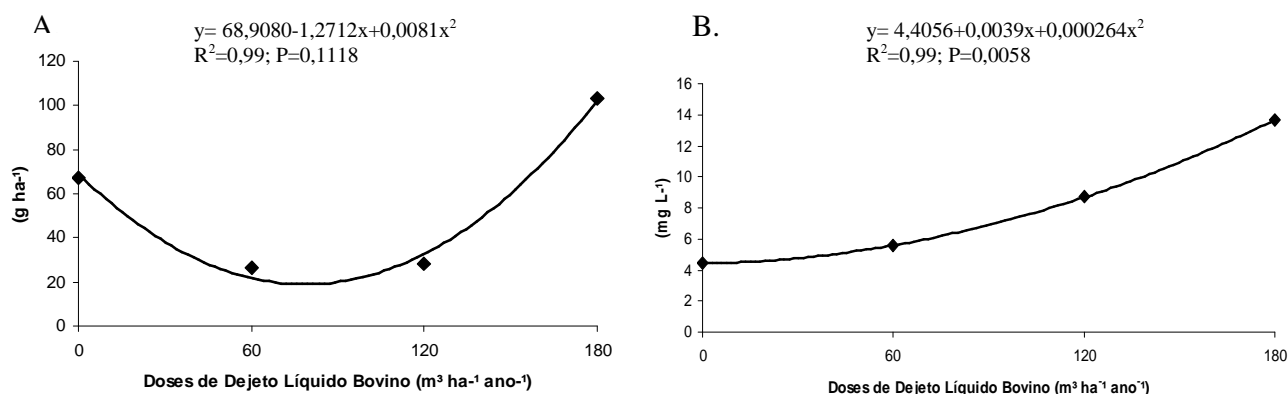


Figura 3.2. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrato nas doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

Considerando o limite permitido de nitrato, pela legislação (10 mg L^{-1} de N-NO_3) (BRASIL, 2004 e BRASIL, 2005), observa-se que até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a concentração média ponderada de nitrato, na água do escoamento superficial, está abaixo do limite máximo permitido por legislação, no entanto a dose máxima de dejetos líquido bovino ultrapassou em 36,4% este limite.

É interessante ressaltar que a concentração de nitrato em vários eventos (dados não apresentados) ultrapassou o limite permitido pela legislação, mesmo no tratamento sem dejetos, mostrando o potencial poluidor deste sistema de produção e a necessidade de práticas conservacionistas a fim de controlar o escoamento e evitar a entrada deste em corpos de água. Em relação ao amônio, todos os tratamentos, inclusive o sem aplicação de dejetos ultrapassaram o limite permitido pela legislação (BRASIL, 2005), a qual estabelece o limite de acordo com o pH da água (para um pH em torno de 7,5, o limite de N-amônio é de $3,7 \text{ mg L}^{-1}$.)

As concentrações tanto de nitrogênio total (Figura 3.3 B) como de nitrogênio particulado (Figura 3.4 B) foram diretamente influenciadas pela perda de solo (Figura 2.1 B), no entanto as perdas tanto de nitrogênio total como do particulado sofreram o efeito da perda de água (Figura 2.1 A). Na perda de nitrogênio total, principalmente nas doses de 60 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ observa-se um grande efeito do teor de nitrogênio solúvel (Figura 3.1 B e 3.2 B), mostrando a grande contribuição de amônio e nitrato na constituição do nitrogênio total.

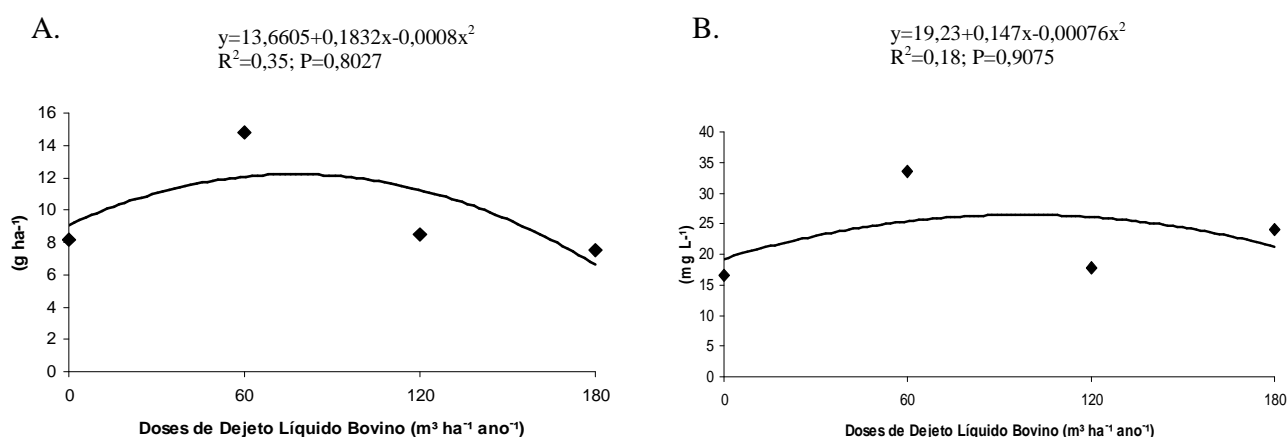


Figura 3.3. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrogênio total nas doses de 0, 60, 120 e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

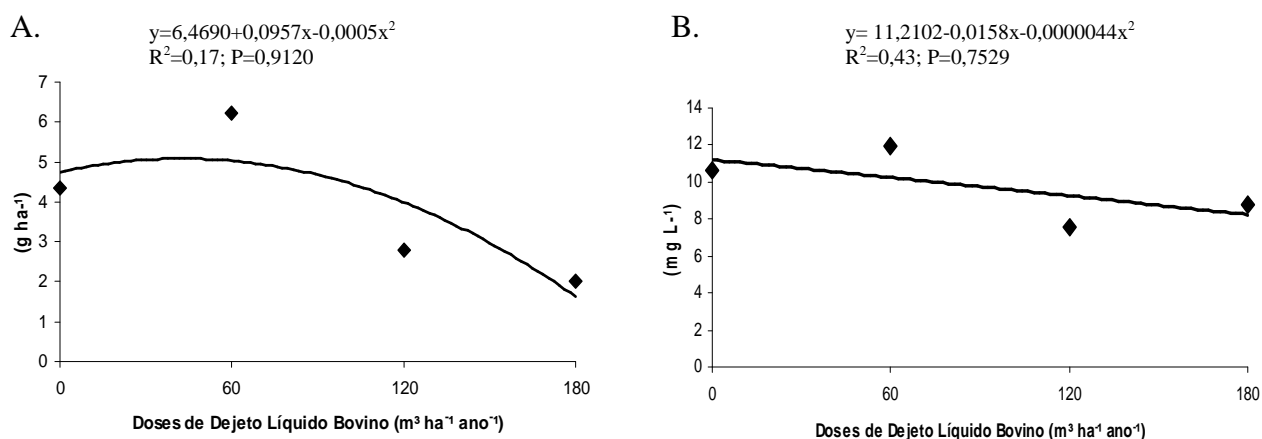


Figura 3.4. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de nitrogênio particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

O maior acréscimo das perdas acumuladas de amônio (Figura 3.5) e nitrato (Figura 3.6) ocorreu no período do verão de 2007/2008, possivelmente devido ao maior volume de chuva (44 e 83 mm nos dias 22/01/2008 e 12/02/2008, respectivamente). As maiores perdas de amônio e nitrato no verão de 2007/2008, nas datas de 22/01 e 12/02, mesmo com mais de três meses após a aplicação de DLB, mostra que o dejetos teve condições de prolongar o fornecimento desses elementos. Em plantio direto os nutrientes se concentram na superfície, potencializando a poluição das águas, se o volume perdido chegar a um corpo de água (BERTOL et al., 2007).

As perdas acumuladas do nitrogênio particulado (Figura 3.7) estavam muito próximas entre as doses, sendo que no último verão houve uma mudança entre as doses e a de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ predominou devido a uma data, 10/12/2007, onde em uma amostra houve uma grande perda de nitrogênio total e consequentemente uma grande perda de nitrogênio particulado. Esta data se refere a primeira chuva ocorrida após a aplicação de dejetos líquido bovino, com 20 mm, o que ocasionou maiores quantidades de nitrogênio orgânico e com isso afetou o comportamento dessa dose no período total, mas este efeito não refletiu na concentração e nem nas perdas para esta dose.

Até o verão de 2007/2008 as maiores perdas acumuladas de nitrogênio total (Figura 3.8) eram referentes à dose 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, mas como mencionado anteriormente a perda de NP do dia 10/12/2007 modificou o comportamento das perdas no período total. Anterior a este evento, as perdas acumuladas de NT eram influenciadas pelos teores solúveis de nitrogênio.

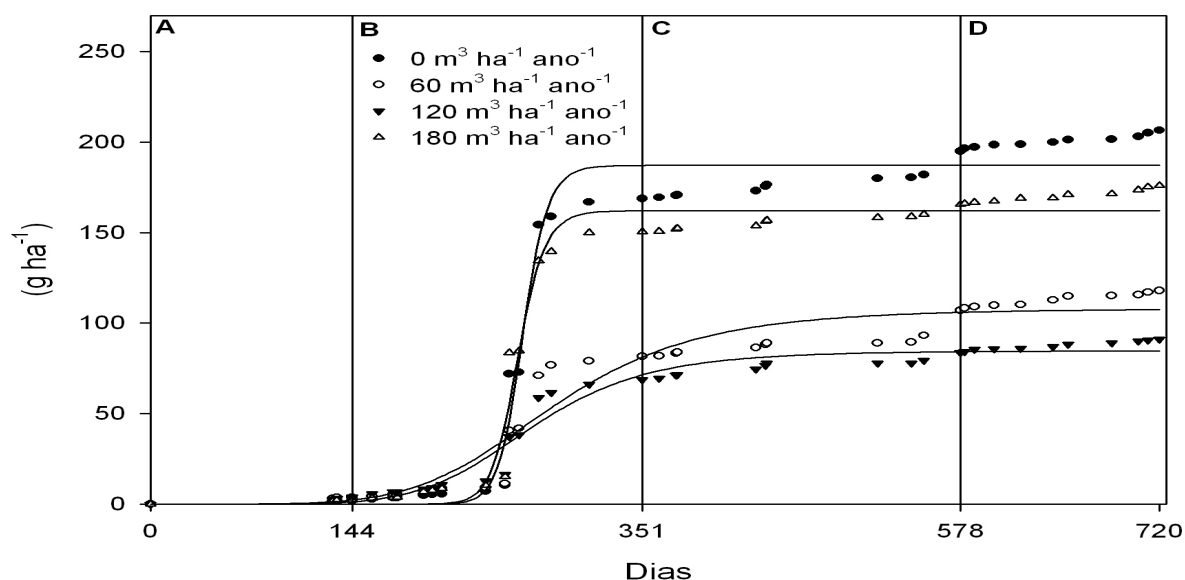


Figura 3.5. Perda acumulada de amônio nas doses de 0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.

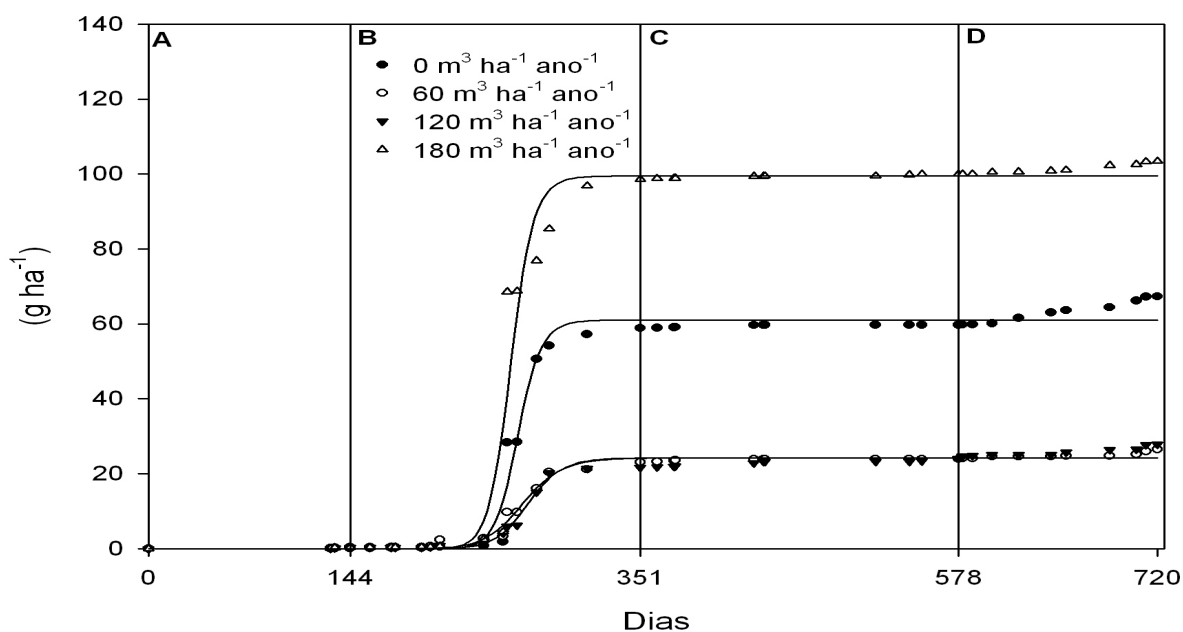


Figura 3.6. Perda acumulada de nitrato nas doses de 0, 60, 120 e 180 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ de dejetos líquido bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.

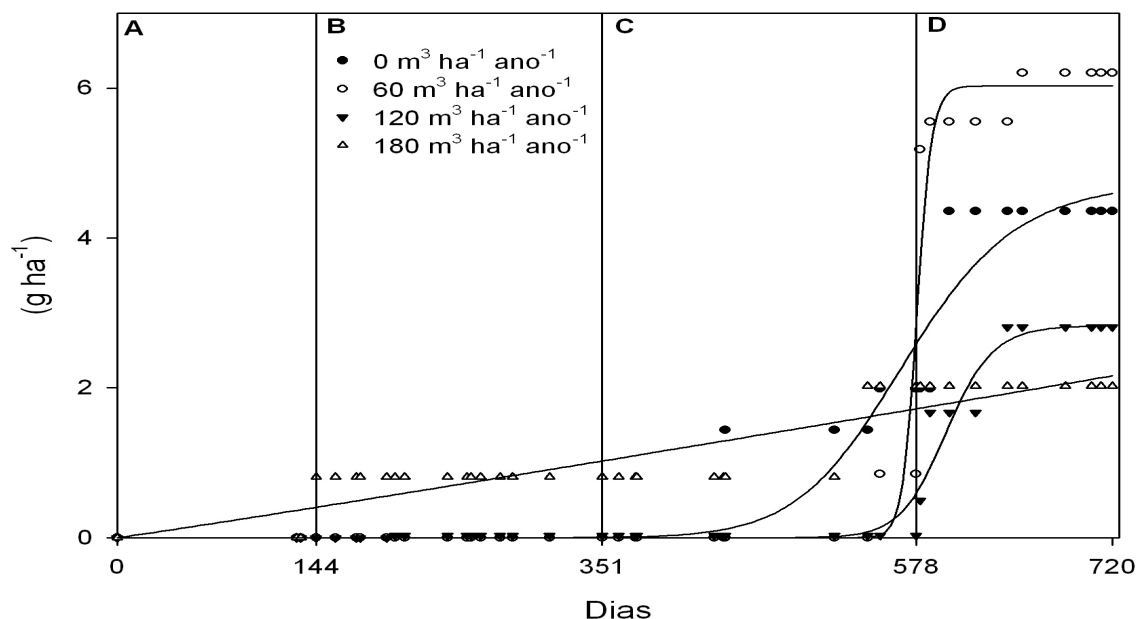


Figura 3.7. Perda acumulada de nitrogênio particulado nas doses de $0, 60, 120$ e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.

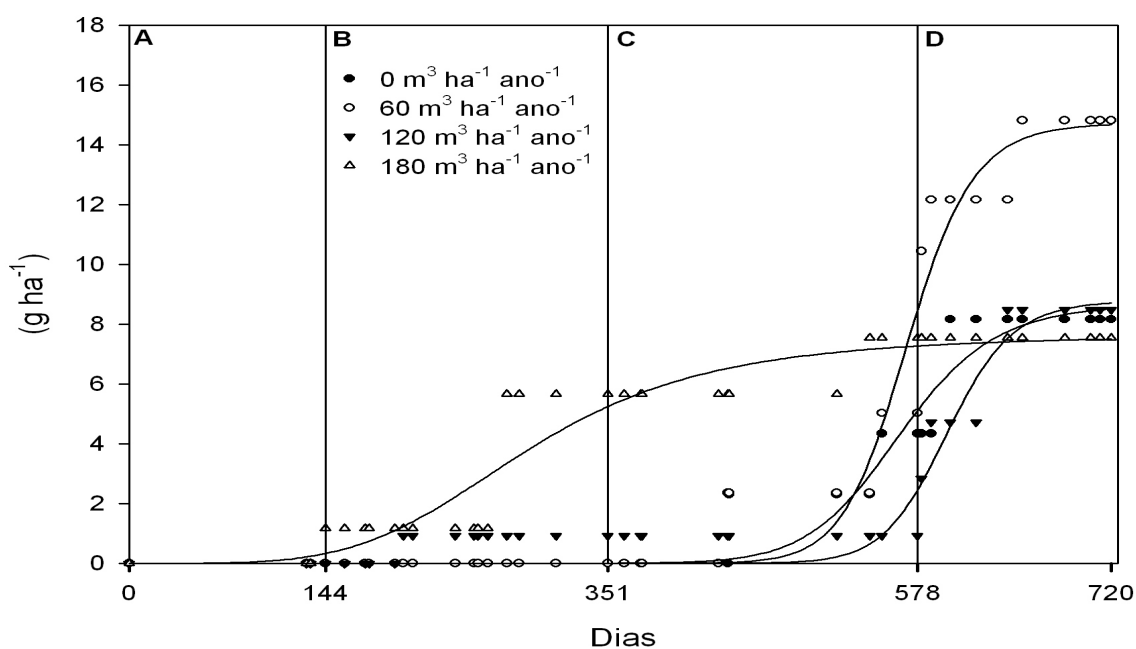


Figura 3.8. Perda acumulada de nitrogênio total nas doses de $0, 60, 120$ e $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008.

3.6. CONCLUSÕES

1. A aplicação do dejetos líquido bovino aumentou as concentrações médias ponderadas de amônio e nitrato, porém diminuiu as quantidades perdidas, em função das menores perdas de água.
2. As concentrações médias ponderadas de nitrato no escoamento superficial estão abaixo do limite permitido, pela legislação brasileira, até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, no entanto as concentrações médias ponderadas de amônio estão muito acima do limite permitido, mesmo sem a aplicação de dejetos. Perdas de nitrato por lixiviação não foram analisadas neste estudo.
3. Os menores valores de nitrogênio particulado e total foram também obtidos na dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, indicando ser esta a dose máxima permitida numa condição de baixa precipitação, solo muito argiloso, declive moderadamente ondulado e com no mínimo uma semana de intervalo entre a aplicação do dejetos e a ocorrência de chuvas.

3.7. LITERATURA CITADA

BERTOL, J. O.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Revista Floresta**, v. 35, n. 3, p. 429-442, 2007.

BRASIL - Ministério da Saúde (MS). **Portaria MS nº 518/2004**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357**. Diário Oficial da União de 18/03/2005. Brasília, 2005.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; BARCELLOS, L.A.R.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejetos líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1296-1304, 2005.

DINEL H.; SCHNITZER, M.; SCHULTEN, H. R. Chemical and spectroscopic characterization of colloidal fractions separated from liquid hog manures. **Soil Science**, v. 163, n. 8, p. 665-673, 1998.

DINNES, D. L.; KARLEN, D. L.; JAYNES, D. B.; KASPAR, T. C.; HATFIELD, J. L.; COLVIN, T. S.; CAMBARDELLA, C. A. Nitrogen management strategies to reduce nitrate leaching in tile-drained midwestern soils. **Agronomy Journal**, v.94, p. 153-171, 2002.

EGHBALL, B.; GILLEY, E. Phosphorus and nitrogen in runoff following beef cattle manure or compost application. **Journal of Environmental Quality**, v. 28, p. 1201-1210, 1999.

FAVARETTO, N. **Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium related to water quality and plant nutrition**. Tese (Doutorado). Universidade de Purdue, West Lafayette, 2002.

GUADAGNIN, J.C.; BERTOL, I.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J. do. Perdas de solo, água e nitrogênio por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 2, p. 277-286, 2005.

FERNANDES, M.S.; ROSSIELLO, R.O.P. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.14, p. 111-148, 1995.

MELLEK, J. E. **Dejeto líquido bovino e alterações em atributos físicos e estoque de carbono de um Latossolo sob plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MIWA, A. C. P.; FREIRE, R. H. F.; CALIJURI, M. do C. Dinâmica de nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira (São Paulo - Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 169-180, 2007.

MORI, H. F. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejeto líquido bovinos e chuva simulada**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

NICOLAISEN, J. E.; GILLEY, J. E.; EGHBALL, B.; MARX, D. B. Crop residue effects on runoff nutrient concentrations following manure application. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 50, n. 3, p. 939-944, 2007.

OLIVEIRA, R. A.; CAMPELO, P. L. G.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, M. A.; CECON, P. R. Influência da aplicação de águas residuárias de suinocultura na capacidade de infiltração de um solo Podzólico Vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 263-267, 2000.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejeto líquido de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2007.

SCHERER, E. E.; AITA, C.; BALDISSERA, I. T. Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos na região oeste catarinense para fins de utilização como fertilizante. **Boletim Técnico - EPAGRI**, n. 79, 1996.

SHARPLEY, A.N. Identifying sites vulnerable to phosphorus loss in agricultural runoff. **Journal Environmental Quality**, v. 24, p. 947-951, 1995.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A. N.; PROCHNOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Scientia Agrícola**, v. 63, p. 194-209, 2006.

SMITH, K. A.; JACKSON, D. R.; PEPPER, T. J. Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manures to arable land. I. Nitrogen. **Environmental Pollution**, v. 112, p. 41-51, 2001.

THICKE, F. E.; RUSSELLE, M. P.; HETERMAN, O. P.; SHEAFFER, C. C. Soil nitrogen mineralization indexes and corn response in crop rotations. **Soil Science**, v.156, p. 322-335, 1993.

CAPÍTULO 4 - PERDAS E CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO NAS FORMAS SOLÚVEIS, PARTICULADA E TOTAL COM APLICAÇÃO DE DEJETO LÍQUIDO BOVINO SOB PLANTIO DIRETO E CHUVA NATURAL EM LATOSSOLO BRUNO

4.1. RESUMO

O fósforo é considerado o elemento limitante da eutrofização devido a fixação do nitrogênio atmosférico por alguns organismos aquáticos. A aplicação de dejetos na agricultura pode contribuir para o acréscimo de fósforo nos corpos de água, principalmente via escoamento superficial. O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas e concentrações de fósforo no escoamento superficial, em quatro doses de dejetos líquidos bovinos (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicado em Latossolo muito argiloso sob plantio direto e chuva natural, e indicar a melhor dose de aplicação considerando o aspecto ambiental. A aplicação do dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de fósforo total, solúvel e particulado até a dose de 120 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, nessas condições experimentais. No entanto, as concentrações de fósforo foram superiores ao máximo permitido pela legislação, mesmo no tratamento sem aplicação de dejetos, indicando o potencial de contaminação dos recursos hídricos e evidenciando a importância de técnicas conservacionistas, mesmo com o plantio direto, para evitar a entrada do escoamento superficial nos rios.

4.2. ABSTRACT

Phosphorus is considered the limiting nutrient for eutrophication due to the fixation of atmospheric nitrogen by some aquatic organisms. The application of cattle liquid manure can increase the phosphorus level in the water, mainly by runoff. The objective of this work was to evaluate the loads and concentrations of phosphorus in runoff, in four doses of cattle liquid manure (0, 60, 120 and 180 m³ ha⁻¹ year⁻¹) applied in Oxisol under no-till and natural rainfall, and to indicate the best application dose considering the environmental impact. The application of cattle liquid manure increased the total, soluble and particulate phosphorus until the 120 m³ ha⁻¹ year⁻¹, in these experimental conditions. However, the phosphorus concentrations were above the maximum allowed by the legislation, even in the treatment without manure application, indicating the potential of water contamination and evidencing the importance of conservation techniques, even with the no-till, to avoid that the runoff arrive in the rivers.

4.3. INTRODUÇÃO

A atividade pecuária, principalmente a de confinamento, representa uma importante fonte de contaminação ambiental pelo grande volume de dejetos produzidos. Uma alternativa de disposição destes resíduos é a utilização na agricultura como fonte de nutrientes, que geralmente ocorre antes da semeadura quando a demanda de nutrientes pelas culturas ainda é baixa (BASSO et al., 2005). Além disso, a recomendação de aplicação de dejetos é baseada na demanda de nitrogênio, e isto gera uma elevação dos níveis de fósforo no solo, considerando que a relação N:P média dos dejetos é 4:1 e a demanda das culturas é de 8:1 (SHIGAKI et al., 2006). Estes fatores aliados aos eventos de chuva, favorece o transporte de nutrientes pelo escoamento superficial (POTE et al., 2001; SHIGAKI et al., 2006). Práticas conservacionistas devem ser adotadas para fornecer barreiras físicas ao escoamento superficial, controlando a entrada de água enriquecida com nutrientes em corpos de água (MERTEN & MINELLA, 2002).

As quantidades de N e de P no dejetos variam conforme a idade, alimentação, tamanho do animal, e com as quantidades de água e sólidos presentes no dejetos (EGHBALL et al., 2002). Por estas razões a quantificação dos nutrientes nos dejetos de forma generalizada é dificultada, porém estima-se que os animais excretam cerca de 30% do fósforo ingerido (SHIGAKI et al., 2006) e que 5% do fósforo aplicado é perdido pelo escoamento superficial, e 25% extraído pelas culturas. Mesmo que essa porcentagem de perda seja muito pequena, agronomicamente aceitável comparando com o adicionado pelas adubações, o fósforo em pequenas quantidades pode ocasionar a eutrofização. De acordo com SHIGAKI et al. (2006), o volume de dejetos produzidos pelas atividades da avicultura, suinocultura e bovinocultura no Brasil é enorme, e se toda a produção de fósforo provinda de adubos orgânicos, apenas da suinocultura e avicultura, substituísse a adubação fosfata mineral, em todas as lavouras brasileiras, ainda assim geraria um excedente de um milhão de toneladas de fósforo.

O fósforo e o nitrogênio estão associados a eutrofização, no entanto o fósforo é considerado o elemento limitante devido a fixação do nitrogênio atmosférico por algumas plantas aquáticas (CORRELL, 1998). Um ambiente eutrofizado causa sérios problemas ambientais e de saúde humana (BUNDY et al., 2001; MIWA et al., 2007).

A legislação brasileira enquadra níveis máximos permitidos de fósforo, na forma total, através da Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005), em três ambientes aquáticos: lótico, que se refere às águas que são movimentadas; lêntico, que são águas paradas; e intermediário. Para ambientes como os rios, portanto lóticos, o limite de fósforo total permitido para águas de Classe 1, é de 0,1 mg L⁻¹.

O fósforo, de um modo geral, é mais transportado através do escoamento superficial do que por lixiviação por ser fortemente adsorvido nas partículas de solo, o que o torna pouco móvel (CORRELL, 1998) e, portanto é geralmente perdido na forma particulada (SHARPLEY, 2003). Porém como o plantio direto possui maior eficiência para controlar as perdas de solo do que de água, as maiores perdas de fósforo, neste sistema, se deve ao fósforo solúvel (SHARPLEY et al., 1994). E quando eventos de chuva ocorrem imediatamente após a aplicação de dejetos também se espera perder grandes quantidades de fósforo na forma solúvel (EGHBALL & GILLEY, 1999; KLEINMAN et al., 2002).

O efeito da aplicação de dejetos nas perdas de fósforo, principalmente em experimentos de curta duração, mostraram que as perdas de fósforo aumentaram com o aumento da dose de dejetos (KLEINMAN et al., 2002; BERTOL, 2005; PELES, 2007; MORI, 2008). Por outro lado, a aplicação de dejetos melhorou as propriedades físicas do solo (POTE et al., 2001; SEDIYAMA, et al., 2000; BHATTACHARYYA, et al., 2007; MELLEK et al., 2008) o que implicaria uma menor perda de fósforo. Mesmo sem medir a melhoria das propriedades físicas do solo, mas em experimentos de longa duração, GILLEY et al. (2007) observaram que o dejetos diminuiu as perdas de fósforo pelo escoamento superficial.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as perdas e concentrações de fósforo nas formas solúvel, total e particulada no escoamento superficial, em quatro doses de dejetos líquido bovino (0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) aplicado em Latossolo muito argiloso sob plantio direto, e indicar a dose máxima permitida para o uso de dejetos líquido bovino considerando o aspecto ambiental.

4.4. MATERIAL E MÉTODOS

As caracterizações da área, da química e física do solo, dos tratamentos, do dejetos líquido bovino, das parcelas, da coleta do escoamento superficial e da perda de água já foram descritas no capítulo 2 desta dissertação.

As determinações de nutrientes na forma solúvel, total e as análises estatísticas foram as mesmas descritas no capítulo 3 desta dissertação sendo que o fósforo solúvel foi determinado pelo método do ácido ascórbico, o qual se baseia na redução do complexo fosfatomolíbico de amônio pelo ácido ascórbico na presença do antimônio, deixando as amostras com um forte tom azulado (APHA, 1995). O espectrofotômetro sempre foi calibrado com uma curva de calibração contendo

no máximo 10 pontos e no mínimo 6 pontos, com concentrações crescentes de fósforo, e o comprimento de onda para as leituras foi de 880 nm.

O teor de fósforo total foi determinado a partir da digestão sulfúrica (digestão Kjeldahl) de acordo com a recomendação de POTE & DANIEL (2000) com a leitura em espectrofotômetro sob comprimento de onda de 880 nm, seguindo a mesma metodologia utilizada para determinar o fósforo solúvel (APHA, 1995). De acordo com APHA (1995), a digestão Kjeldahl é recomendada para o N total, porém, internacionalmente, tem sido utilizada também para o P total (POTE & DANIEL, 2000). A partir da concentração total e da concentração na forma solúvel do fósforo no escoamento superficial, determinou-se a concentração deste elemento na forma particulada (subtraiu-se o teor solúvel do teor total e obteve-se o teor particulado).

4.5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As perdas de fósforo solúvel (Figura 4.1 A) da mesma forma que a perda de água (Figura 2.1 A), diminuíram até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, possivelmente pela melhoria da qualidade física do solo com a aplicação do dejetos líquido bovino (BHATTACHARYYA et al., 2007; MELLEK et al., 2008) diminuindo as perdas por escoamento superficial (BUNDY et al., 2001; GILLEY et al., 2002;). Já a concentração de fósforo solúvel (Figura 4.1 B) aumentou com a aplicação de dejetos, estando de acordo com outros trabalhos (BERTOL, 2005; PELES, 2007; NICOLAISEN et al., 2007; ALLEN & MALLARINO, 2008; MORI, 2008). A concentração e quantidade perdida de fósforo solúvel variam conforme o tipo de solo, quantidade e fonte de adubo e também pelos fatores físicos, químicos e de manejo do solo (HANSEN et al., 2002).

A adição de dejetos aumentou a concentração de fósforo solúvel (PS) no escoamento devido ao teor de fósforo presente no dejetos, no entanto os adubos minerais comparados com os orgânicos possuem maiores quantidades de fósforo prontamente disponível o que justifica a pequena diferença entre os tratamentos com e sem aplicação de dejetos (SHIGAKI et al., 2006a), mostrando que somente a adubação mineral, nessas condições, possui um alto poder contaminante.

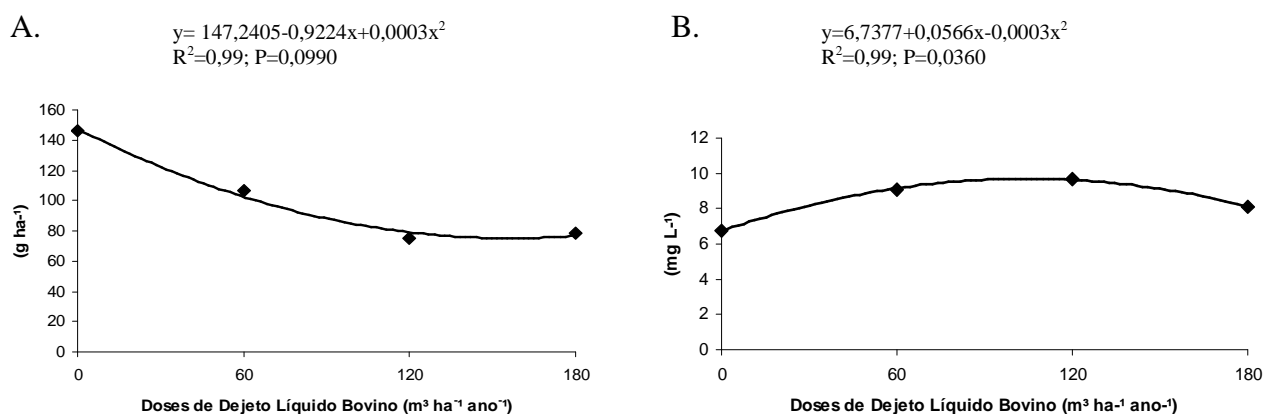


Figura 4.1. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo solúvel nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (427 amostras analisadas).

A perda de fósforo particulado (Figura 4.2 A) se comporta da mesma forma que a perda de água (Figura 2.1 A), enquanto que a concentração (Figura 4.2 B) segue o mesmo comportamento da perda de solo (Figura 2.1 B), mostrando que a perda de fósforo particulado (PP) foi mais fortemente influenciada pela perda de água do que pela concentração de fósforo particulado no escoamento. O PP representa o fósforo orgânico e inorgânico presente no sedimento, o que justifica a alta correlação entre concentração de PP e perda de solo (SHARPLEY, 1985 e 2003). A aplicação de dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de PP, no entanto, da mesma forma que para a perda de solo, não afetou significativamente a concentração de P particulado, apesar da maior adição de P via dejetos.

O fósforo total (PT) representa o somatório do PS com o PP, sendo a perda de PT (Figura 4.3 A) altamente correlacionada com a perda de água (Figura 2.1 A). Os resultados também mostram uma alta correlação entre concentração de P total (Figura 4.3 B) e solúvel (Figura 4.1 B). A percentagem de PS na perda de PT (calculada considerando somente as datas onde todas as análises foram realizadas na mesma amostra, dados não apresentados) foi de 51%, 58 %, 65 % e 76 % respectivamente para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Esta relação mostra a maior participação do solúvel na água perdida e está de acordo com o encontrado por POTE et al. (2001), WITHERS et al. (2001), HANSEN et al. (2002), KLEINMAN & SHARPLEY (2003) e BERTOL (2005) em experimentos com aplicação de dejetos em sistemas conservacionistas do solo. É interessante ressaltar que o número de amostras analisadas para P solúvel foi muito maior (451 amostras) que para P total e particulado (194 amostras), e portanto as relações numéricas entre as formas de P utilizando todos os dados de P solúvel ficam incoerentes, devendo portanto ser utilizadas nos cálculos somente as amostras onde todas as formas de P foram determinadas.

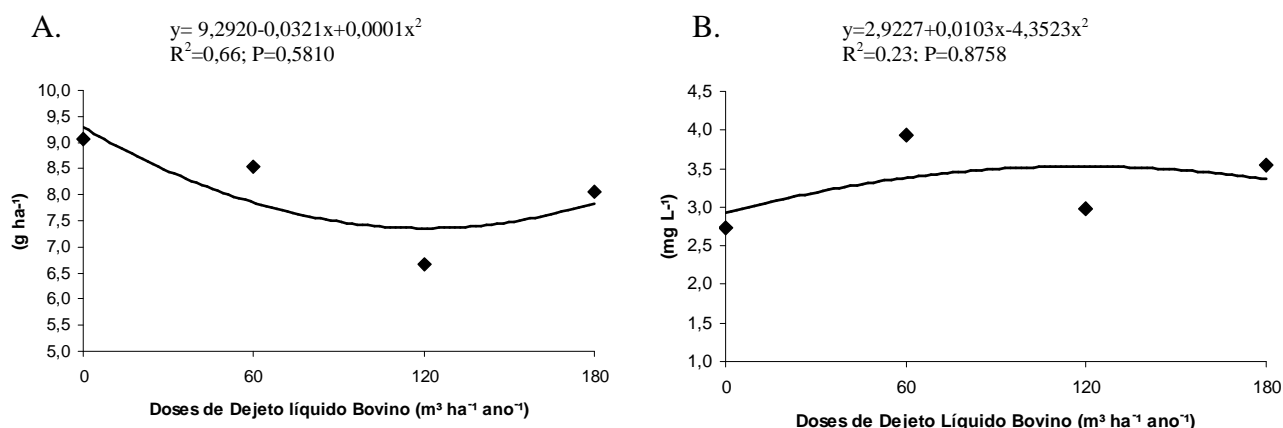


Figura 4.2. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (192 amostras analisadas).

As perdas de fósforo em todos os tratamentos não chegam a 1% do total de P aplicado, estando de acordo com outros trabalhos (SHARPLEY et al., 1994; PELES, 2007; BERTOL, 2005), porém as concentrações médias ponderadas de PT estão 187, 205, 189 e 330 vezes maiores do que o limite máximo permitido pela Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), respectivamente para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹. Esses dados indicam o potencial poluidor das adubações, mesmo sem a aplicação de dejetos. Esse efeito reflete os altos teores de P no solo aliado a aplicação periódica de P mineral (DANIEL et al., 1994). Em termos agrônômicos essa perda pode não ser economicamente significativa, porém em termos ambientais os dados obtidos nesse estudo mostram preocupação, pois foram muito acima do limite permitido pela legislação, o qual é 0,1 mg L⁻¹ de PT em ambientes lóticos (BRASIL, 2005), e portanto, se este escoamento atingir um corpo d'água, dependendo do volume escoado e da sensibilidade deste, cria-se um ambiente potencialmente poluidor.

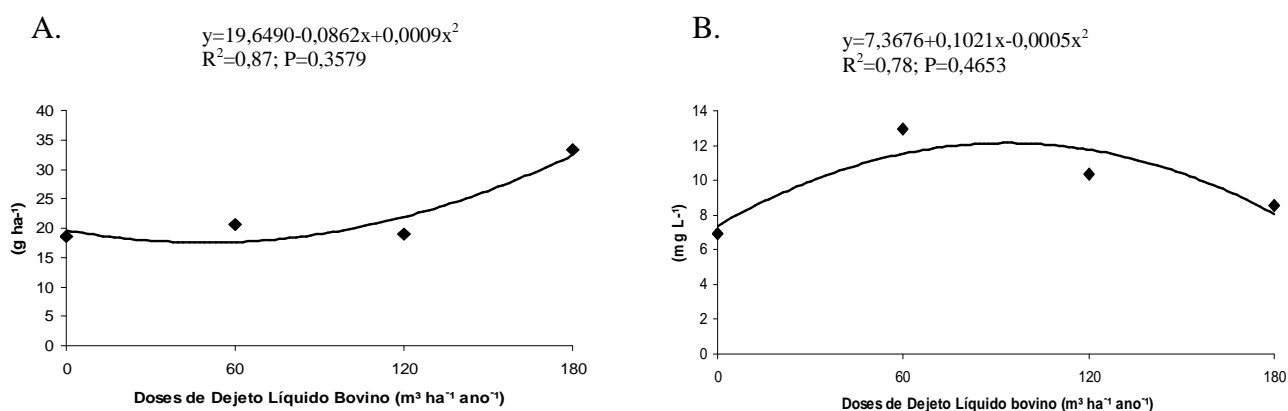


Figura 4.3. Perda (A) e concentração média ponderada (B) de fósforo total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/2006 a 30/04/08 (192 amostras analisadas).

As perdas acumuladas comprovam o que foi apresentado anteriormente em separado para as perdas de PS (Figura 4.4), PP (Figura 4.5) e PT (Figura 4.6). As doses tiveram o comportamento igual durante todo o período de estudo, sendo que o incremento nas perdas acumuladas ocorreram no verão 2006/2007 e no verão de 2007/2008, estação com um número maior de eventos de chuva e com chuvas mais intensas, e segundo SHIGAKI et al. (2007) as intensidades de chuvas interferem diretamente nas perdas de PP.

A maior perda no meio da estação de verão 2006/2007, com o evento de chuva do dia 12/02/2007 com 82,5 mm (122 dias após a aplicação de dejetos), mostra o potencial do dejetos líquido bovino no fornecimento de nutrientes ao longo do tempo, conforme observado por BERTOL (2005), porém com chuva simulada. Por sua vez ALLEN & MALLARINO (2008) e GILLEY et al. (2002), também com chuva simulada, encontraram o inverso, que aplicações de chuvas diminuíram as perdas e concentrações de fósforo no escoamento, talvez pelas intensidades ocorridas e pela matéria seca do dejetos (GILLEY et al., 2007).

As perdas acumuladas também tiveram um acréscimo no verão de 2007/2008. Nesta safra, a primeira chuva (10/12/2007) que ocasionou escoamento foi nove dias após a aplicação do dejetos líquido bovino, o que possivelmente influenciou nas maiores perdas de fósforo total.

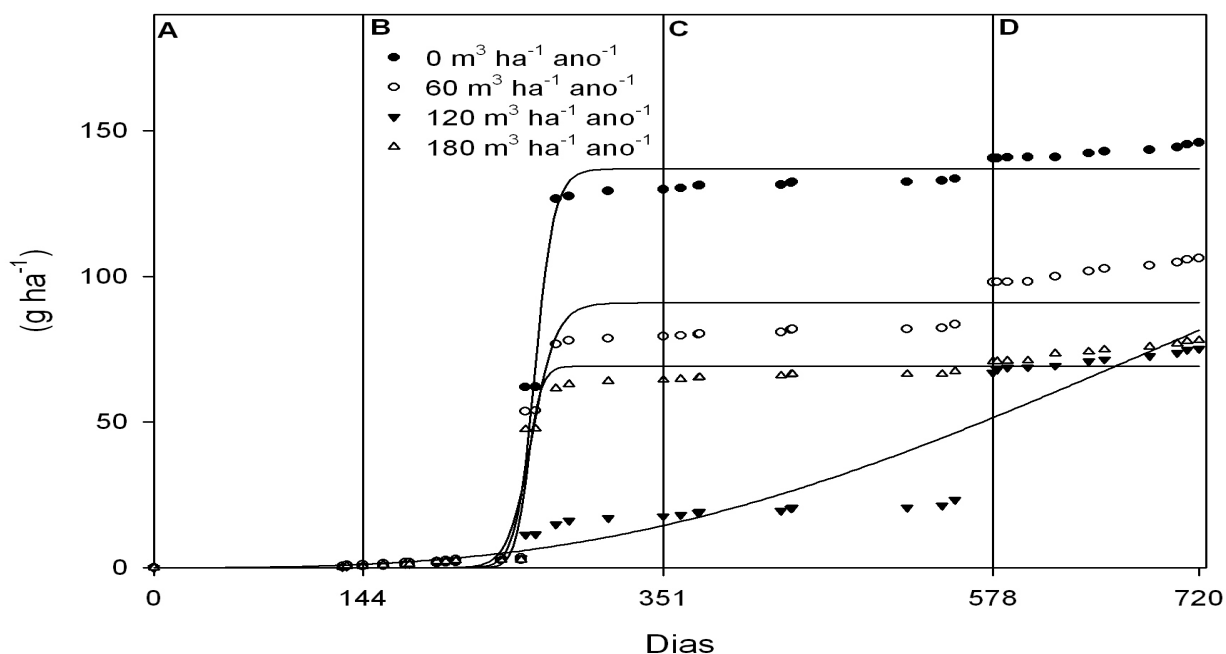


Figura 4.4. Perda acumulada de fósforo solúvel nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovinos aplicados em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 427 amostras analisadas.

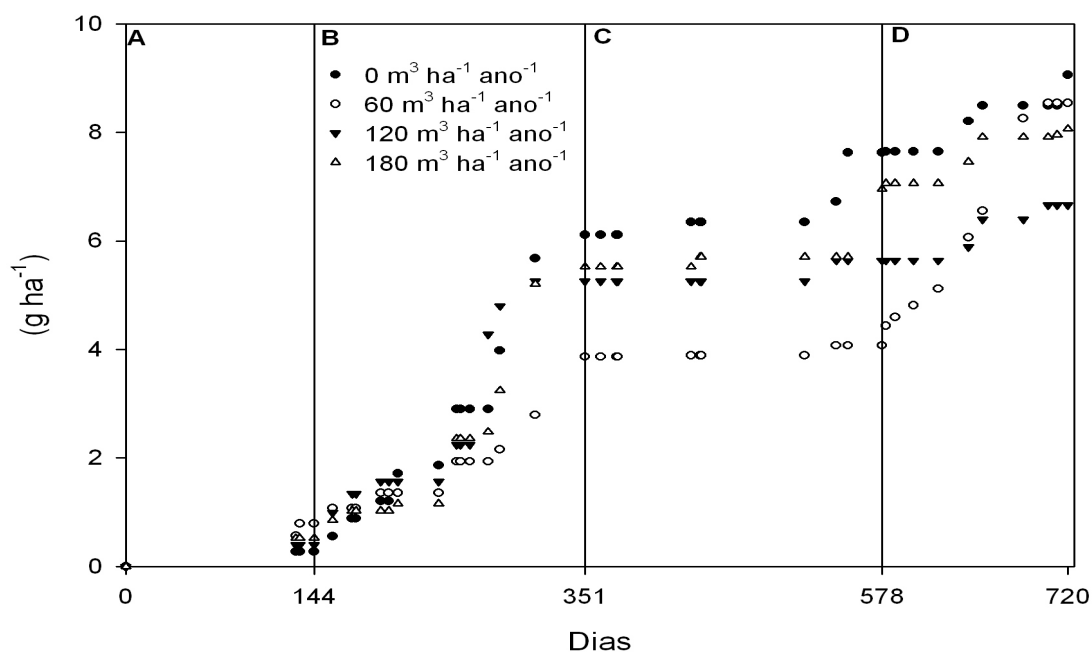


Figura 4.5. Perda acumulada de fósforo particulado nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 192 amostras analisadas.

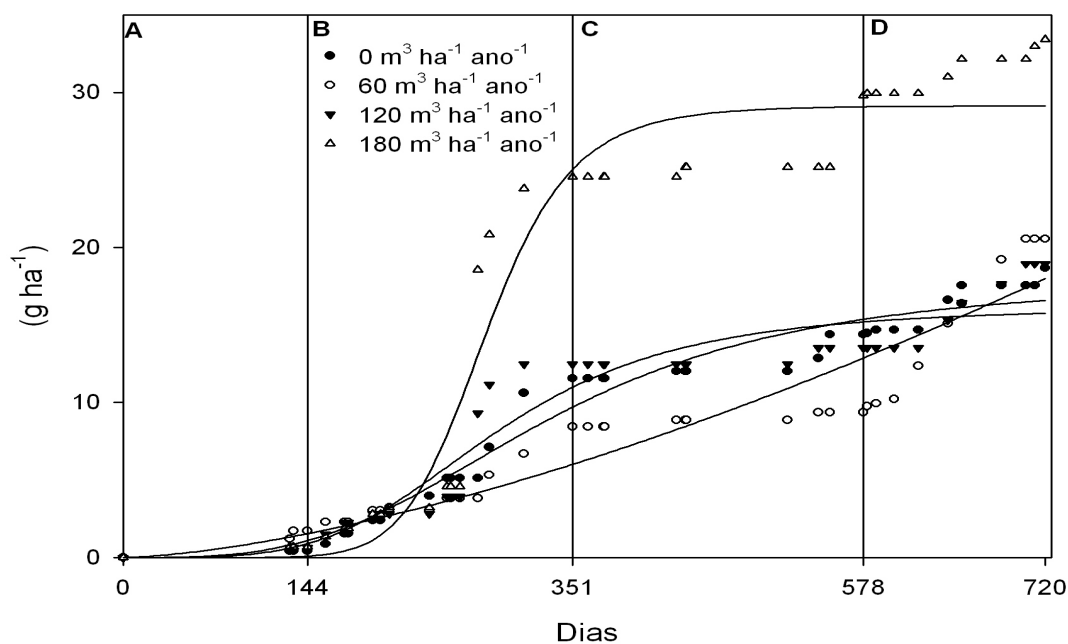


Figura 4.6. Perda acumulada de fósforo total nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquidos bovino aplicado em Latossolo Bruno sob plantio direto no período de 11/05/06 (dia 0) a 30/04/08 (dia 720), separando as estações do ano A, B, C e D, significando respectivamente Inverno 2006, Verão 2006/2007, Inverno de 2007 e Verão de 2007/2008. Total de 192 amostras analisadas.

4.6. CONCLUSÕES

1. A aplicação do dejetos líquido bovino diminuiu a quantidade perdida de PT, PS e PP até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, em Latossolo muito argiloso com declive moderadamente ondulado num período de pouca precipitação e com um intervalo de no mínimo nove dias entre a aplicação do dejetos e a chuva.
2. As concentrações de P no escoamento foram muito superiores do limite máximo permitido pela legislação, mesmo no tratamento sem aplicação de dejetos, indicando o potencial de contaminação dos recursos hídricos, caso este escoamento superficial atinja os corpos d'água, evidenciando a importância de técnicas conservacionistas, mesmo com o plantio direto, no controle do escoamento superficial.

4.7. LITERATURA CITADA

- ALLEN, B. L.; MALLARINO, A. P. Effect of Liquid Swine Manure Rate, Incorporation, and Timing of Rainfall on Phosphorus Loss with Surface Runoff. **Journal of Environmental Quality**, v. 37, p. 125-137, 2008.
- BASSO, C.J. et al. Dejetos líquido de suínos: II – Perdas de nitrogênio e fósforo por percolação no solo sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1297-1305, 2005.
- BERTOL, I.; GUADAGNIN, J. C.; CASSOL, P. C.; AMARAL, A. J.; BARBOSA, F. T. Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 155-163, 2004.
- BERTOL, O. J. **Contaminação da água de escoamento superficial e da água percolada pelo efeito de adubação mineral e adubação orgânica em sistema de semeadura direta**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.
- BERTOL, J. O.; RIZZI, N. E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, O. J. Perdas de nitrogênio via superfície e subsuperfície em sistema de semeadura direta. **Revista Floresta**, v. 35, n. 3, p. 429-442, 2007.
- BHATTACHAARYYA, R.; CHANANDRA, S.SINGH, R.D.; KUNDU, S.; GUPTA, H.S. Long-term farmyard manure application effects on properties of a silty clay loam soil under irrigated wheat-soybean rotation. **Soil and Tillage Research**, v. 94, n. 2, p. 386-396, 2007.
- BRASIL - Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 357**. Diário Oficial da União de 18/03/2005. Brasília, 2005.

BUNDY, L. G.; ANDRASKI, T. W.; POWELL, J. M. Management practice effects on phosphorus losses in runoff in corn production systems. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, p. 1822-1828, 2001.

CORRELL, D.L. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters. **Journal Environmental Quality**, v. 27, n. 2, p. 216-166, 1998.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; VIEIRA, F.C.B.; BARCELLOS, L.A.R.; HERBES, M.G.; MOREIRA, I.C.L.; BERWANGER, A.L. Dejeito líquido de suínos: I - perdas de nitrogênio e fósforo na solução escoada na superfície do solo, sob plantio direto. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1296-1304, 2005.

DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; EDWARDS, D. R.; WEDEPOHL, R.; LEMUNYON, J.L. Minimizing surface water eutrophication from agriculture by phosphorus management. (Nutrient Management). **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 49, n. 2, p. 30-38, 1994.

DINEL, H.; SCHNITZER, M.; SCHULTEN, H. R. Chemical and spectroscopic characterization of colloidal fractions separated from liquid hog manures. **Soil Science**, v. 163, n. 8, p. 665-673, 1998.

EGHBALL, B.; WIENHODL, B. J.; GILLEY, J. E.; EIGENBERG, R. A. Mineralization of manure nutrients. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 470-473, 2002.

GILLEY, J. E.; RISSE, L. M.; EGBALL, B. Managing runoff following manure application. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, . 530-533, 2002.

GILLEY, J. E.; EGBALL, B.; MARX, D. B. Nutrient concentrations of runoff during the year following manure application. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 50, n. 6, p. 1987-1999, 2007.

HANSEN, N. C.; DANIEL, T. C.; SHARPLEY, A. N.; LEMUNYON, J. L. The fate and transport of phosphorus in agricultural systems. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 57, n. 6, p. 408-417, 2002.

KLEINMAN, P. J. A.; SHARPLEY, A. N.; MOYER, B. G.; ELWINGER, G. F. Effect of Mineral and Manure Phosphorus Sources on Runoff Phosphorus. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 2026-2033, 2002.

KLEINMAN, P. J. A.; SHARPLEY, A. N. Effect of broadcast manure on runoff phosphorus concentration over successive rainfall events. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 1072-1081, 2003.

MELLEK, J. E. **Dejeito líquido bovino e alterações em atributos físicos e estoque de carbono de um Latossolo sob plantio direto**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2009.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.

MIWA, A. C. P.; FREIRE, R. H. F.; CALIJURI, M. do C. Dinâmica de nitrogênio em um sistema de lagoas de estabilização na região do Vale do Ribeira (São Paulo - Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 169-180, 2007.

MORI, H. F. **Perdas de solo, água e nutrientes em sistema de plantio direto sob aplicação de dejetos líquidos bovinos e chuva simulada**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2008.

NICOLAISEN, J. E.; GILLEY, J. E.; EGHBALL, B.; MARX, D. B. Crop residue effects on runoff nutrient concentrations following manure application. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 50, n. 3, p. 939-944, 2007.

PELES, D. **Perdas de solo, água e nutrientes sob aplicação de gesso e dejetos líquidos de suínos**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2007.

POTE, D. H.; REED, B. A.; DANIEL, T. C.; NICHOLS, D. J.; MOORE, P. A. Jr.; EDWARDS, D. R.; FORMICA, S. Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure (Statistical Data Included). **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 56, n. 1, p. 32-37, 2001.

POTE, D.H.; DANIEL, T.C. Analyzing for total phosphorus and total dissolved phosphorus in water samples. In: PIERZYNSKI, G.M., ed. **Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals and water**. Raleigh, North Carolina State University, p.94-97, 2000.

SHARPLEY, A. N. The selective erosion of plant nutrients in runoff. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, p. 1527-1534, 1985.

SHARPLEY, A. N.; CHAPRA, S. C.; WEDEPOHL, R.; SIMS, J. T.; DANIEL, T. C.; REDDY, K. R. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. **Journal of Environmental Quality**, v. 23, p. 437-451, 1994.

SHARPLEY, A. N.; SMITH, S. J. Nitrogen and phosphorus forms in soils receiving manure. **Agronomy Journal**, v. 85, n. 3, p. 253-258, 1994.

SHARPLEY, A. N. Soil Mixing to Decrease Surface Stratification of Phosphorus in Manured Soils. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 947-951, 2003.

SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; VIDIGAL, S. M.; MATOS, A. T. de. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 1, p. 185-189, 2000.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A. N.; PROCHNOW, L. I. Animal-based agriculture, phosphorus management and water quality in Brazil: options for the future. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 194-209, 2006.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A. N.; PROCHNOW, L. I. Source-related transport of phosphorus in surface runoff. **Journal of Environmental Quality**, v. 35, p. 2229-2235, 2006a.

SHIGAKI, F.; SHARPLEY, A. N.; PROCHNOW, L. I. Rainfall intensity and phosphorus source effects on phosphorus transport in surface runoff from soil trays. **Science of the Total Environment**, v. 373, n. 1, p. 1-10, 2007.

SMITH, K. A.; JACKSON, D. R.; WITHERS, P. J. A. Nutrient losses by surface run-off following the application of organic manures to arable land. 2. Phosphorus. **Environmental Pollution**, v. 112, p. 53-60, 2001.

WITHERS, P. J. A.; CLAY, S. D.; BREEZE, V.C. Phosphorus Transfer in Runoff Following Application of Fertilizer, Manure, and Sewage Sludge. **Journal of Environmental Quality**, v. 30, p. 180-188, 2001.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO GERAL

A aplicação de dejetos líquidos bovinos diminuiu as perdas de água, solo, carbono, nitrogênio e de fósforo de um modo geral até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, possivelmente pela aplicação do dejetos líquidos bovinos ter melhorado as propriedades físicas do solo aumentando a infiltração. Na dose de $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ o efeito benéfico foi possivelmente menor que o efeito prejudicial do selamento, aumentando as perdas. Analisando as perdas acumuladas de água e de nutrientes estas foram maiores nas safras de verão, devido possivelmente a maior precipitação neste período. O maior número de eventos de chuva de alta intensidade.

Apesar das doses do dejetos líquidos bovinos ter diminuído as perdas de nutrientes, as doses crescentes do dejetos propiciaram aumento nas concentrações médias ponderadas, principalmente nas frações solúveis de nitrogênio e fósforo. As concentrações médias ponderadas de nitrato no escoamento superficial estão dentro do limite permitido pela legislação até a dose de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, entretanto não determinou-se as perdas de nitrato por lixiviação, via preferencial de perda deste elemento. As concentrações de fósforo total e do nitrogênio na forma de amônio, mesmo sem aplicação de dejetos, ficaram muito acima do limite permitido pela resolução 357 do CONAMA.

Considerando os dados de perda de água, solo e nutrientes, em solo classificado como Latossolo Bruno, pode-se recomendar considerando o período de experimentação de dois anos, a dose $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de dejetos líquidos, em relevo moderadamente ondulado desde que não haja eventos de chuva logo após a aplicação e que uma vez formado o escoamento superficial haja barreiras de contenção deste volume de água perdido, mesmo em plantio direto, afim de diminuir e evitar a entrada do escoamento nos recursos hídricos e consequentemente evitar a contaminação das águas por nutrientes.

ANEXOS

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08..... 58

ANEXO 2 – Valores de a, b e c da equação das regressões para as perdas acumuladas de água, solo, carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08..... 70

ANEXO 3 – Análise estatística das regressões para as perdas de água, solo, carbono e as formas de nitrogênio e fósforo, e também das análises de concentrações de carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08.....71

ANEXO 4 – Análise estatística das regressões para as concentrações de carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08.....72

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....											(g mL ⁻¹)	(g ha ⁻¹)
18/9/2006	0	1									0,009	
	0	2										
	0	3		12,11	0,07		12,43	4,66	7,77	0,021	0,004	7,06
	0	4		23,07			8,94	8,59	0,35	0,035	0,012	11,60
	60	1		49,61	36,66			1,04		0,038	0,001	12,94
	60	2		31,45	0,31		10,63	6,25	4,39	0,176	0,014	58,99
	60	3		51,49	4,98		18,59	18,59	0,00	0,183	0,008	61,62
	60	4		45,56	0,21		11,56	4,75	6,80		0,007	
	120	1		28,15	0,99			6,44		0,035	0,009	11,65
	120	2		59,53	1,42		12,35	4,70	7,65	0,103	0,005	34,73
	120	3										
	120	4									0,004	
	180	1										
	180	2		54,32	2,94			3,65		0,008	0,003	2,69
	180	3		11,26	1,13		8,88	7,25	1,64	0,032	0,005	10,76
	180	4		39,77	0,43		10,25	3,53	6,72	0,073	0,007	24,65
21/9/2006	0	1									0,003	
	0	2										
	0	3		9,58	7,67			6,57		0,050	0,001	16,94
	0	4		5,63			8,65	8,65	0,00	0,007	0,007	2,22
	60	1		35,11				4,25		0,056	0,002	18,82
	60	2	15,56	5,55	1,90	8,12	9,20	9,20	0,00	0,067	0,004	22,59
	60	3	18,36	10,88	1,46	6,02	9,73	7,43	2,30	0,036	0,005	12,24
	60	4		10,50	2,02			8,09		0,026	0,004	8,74
	120	1		7,35	4,84			0,49		0,208	0,005	69,92
	120	2		11,17	4,18			9,26		0,030	0,003	10,08
	120	3		33,37				8,36		0,048	0,002	16,13
	120	4		11,52	2,19			9,57		0,018	0,003	5,92
	180	1								0,081	0,003	27,23
	180	2	18,71	9,28	3,63	5,79	9,09	9,09	0,00	0,014	0,005	4,71
	180	3		8,43			9,35	9,35	0,00	0,044	0,005	14,72
	180	4	16,58	11,32	0,00	5,26	10,00	10,00	0,00	0,006	0,002	1,88
2/10/2006	0	1										
	0	2										
	0	3										
	0	4										
	60	1										
	60	2										
	60	3		20,49	3,46			9,47		0,024	0,002	8,07
	60	4										
	120	1										
	120	2										
	120	3										
	120	4		18,09	2,21			6,82		0,010	0,003	3,36
	180	1										
	180	2										
	180	3		17,08	2,03			11,31		0,006	0,002	2,08
	180	4		8,72	2,88			9,41			0,003	

continua

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO	
.....(mg L ⁻¹).....										(g mL ⁻¹)	(mm)	(g ha ⁻¹)	
28/11/2006	0	1		10,95				11,51		0,022	0,001	7,39	
	0	2		29,72	10,08			8,50		0,007	0,001	2,29	
	0	3		14,84	4,78			9,68		0,039	0,003	13,11	
	0	4											
	60	1											
	60	2		27,97	14,65			11,57		0,106	0,002	35,50	
	60	3											
	60	4		18,15	1,57			8,61		0,078	0,004	26,22	
	120	1											
	120	2		48,71	6,58			12,85		0,056	0,002	18,82	
	120	3											
	120	4		6,76				10,29		0,069	0,006	23,13	
	180	1											
	180	2											
	180	3		13,95	1,35			9,34		0,004	0,001	1,48	
	180	4		20,84				15,54		0,091	0,007	30,43	
5/12/2006	0	1		40,17	5,48			11,43		0,063	0,001	21,18	
	0	2	9,76	4,11	2,78	2,88	7,94	7,94	0,00	0,124	0,010	41,68	
	0	3		49,61	3,96			13,25		0,116	0,001	38,86	
	0	4		8,11				3,80		0,063	0,003	21,20	
	60	1		51,49				13,65		0,184	0,004	61,76	
	60	2	18,04	3,22	8,63	6,19	7,51	6,75	0,76	0,072	0,005	24,16	
	60	3		11,52	81,65		4,40	3,39	1,01	0,053	0,004	17,75	
	60	4		10,29	33,74			16,00		0,247	0,003	82,91	
	120	1	11,17	5,07	6,10	0,00	12,61	8,46	4,15	0,049	0,005	16,34	
	120	2		16,64				8,09		0,144	0,008	48,40	
	120	3		59,53			14,13	2,91	11,22	0,199	0,005	66,82	
	120	4		51,49				9,00		0,233	0,003	78,43	
	180	1		4,47				8,50		0,099	0,001	33,34	
	180	2	16,18	6,48	4,13	5,58	7,68	7,64	0,04	0,087	0,004	29,18	
	180	3		22,78	5,39		8,80	8,80	0,00	0,064	0,005	21,65	
	180	4		53,07	1,56			7,43		0,084	0,004	28,24	
5/1/2007	0	1		18,29				15,63	8,43	7,20	0,093	0,005	31,37
	0	2		6,07				13,80	12,91	0,88	0,163	0,009	54,86
	0	3		5,14	3,96			9,39	5,79	3,60	0,805	0,010	270,45
	0	4		59,53	2,75			9,94	2,65	7,30	0,518	0,007	174,27
	60	1		59,64	20,55				1,82		0,297	0,001	99,76
	60	2											
	60	3		9,24	11,61			8,65		0,444	0,004	149,38	
	60	4								0,138	0,001	46,25	
	120	1								0,073	0,001	24,40	
	120	2		51,49	6,48		14,94	14,94	0,00	0,650	0,009	218,49	
	120	3		59,64	134,32			14,20		0,422	0,002	141,96	
	120	4		54,32	6,93			10,21		0,144	0,001	48,40	
	180	1		51,49	41,45		17,29	6,47	10,82	0,672	0,004	225,88	
	180	2		51,49	46,19			7,31		0,332	0,004	111,64	
	180	3			12,55		25,44	1,68	23,76	0,444	0,004	149,24	
	180	4			114,12			1,18		0,960	0,003	322,69	

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....											(g mL ⁻¹)	(mm)
											(mm)	(g ha ⁻¹)
19/1/2007	0	1										
	0	2		54,32	46,22			2,35		0,827	0,004	278,05
	0	3		59,53	2,02		16,49	3,47	13,02	0,652	0,007	219,07
	0	4		51,49			16,49	0,13	16,36	1,113	0,007	374,05
	60	1			12,77		18,13	5,61	12,52	3,055	0,005	1026,78
	60	2			30,08			6,17		0,367	0,001	123,43
	60	3		44,83	12,05		16,78	5,59	11,19	1,111	0,005	373,33
	60	4										
	120	1			211,18			5,61		0,883	0,002	296,87
	120	2		58,27	4,54		13,84	5,85	8,00	0,588	0,010	197,65
	120	3		58,27			16,07	13,11	2,96	0,388	0,007	130,29
	120	4		44,83	162,91			10,24		1,118	0,002	375,73
	180	1		59,53			15,59	0,27	15,32	0,782	0,011	262,86
	180	2			118,59			0,82		0,764	0,003	256,94
	180	3		51,49	14,81		19,07	6,61	12,46	1,164	0,006	391,39
	180	4		59,64	28,65		17,27	3,02	14,24	1,706	0,007	573,58
22/1/2007	0	1		7,03				7,28			1,546	
	0	2		5,02	3,25			7,82		0,013	0,588	4,44
	0	3		7,83	3,49			7,37		5,484	0,975	1843,45
	0	4		46,72				10,09		0,328	0,067	110,30
	60	1		6,62	4,78		9,10	7,90	1,20	0,858	0,015	288,56
	60	2		8,31	1,26			12,66		0,002	0,504	0,81
	60	3		7,17	2,21			16,08		0,033	0,807	10,98
	60	4		16,35	1,06			6,02			0,101	
	120	1			1,82			8,26		0,005	0,101	1,55
	120	2		50,13				8,19		0,274	0,030	92,24
	120	3		56,23			11,07	10,20	0,87	0,122	0,007	41,14
	120	4		43,26				20,84		0,005	0,101	1,55
	180	1		8,82	6,53			8,20		0,023	1,950	7,62
	180	2		27,81			8,34	8,34	0,00	0,028	0,134	9,41
	180	3		15,05			5,22	1,05	4,17	0,077	0,303	25,73
	180	4		46,06	1,36			11,58		0,144	0,042	48,40
29/1/2007	0	1		54,32	19,72			8,64			0,001	
	0	2									0,002	
	0	3		58,27	1,08			11,73		0,085	0,001	28,68
	0	4		56,23	1,70			8,02		0,021	0,002	7,17
	60	1								0,163	0,001	54,86
	60	2										
	60	3		53,75				9,45		0,107	0,002	35,85
	60	4		58,27				10,73		0,060	0,002	20,17
	120	1		59,53				12,18		0,063	0,002	21,18
	120	2		59,53	1,88			1,76		0,192	0,002	64,54
	120	3		51,49	45,85			18,49		0,177	0,001	59,43
	120	4		36,67	9,99			8,20		0,132	0,002	44,37
	180	1		58,27				16,33			0,002	
	180	2		51,49	12,59			11,35		0,168	0,002	56,47
	180	3		54,32	16,07			8,37		0,273	0,003	91,88
	180	4										

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....											(g mL ⁻¹)	(mm)
											(g ha ⁻¹)	
12/2/2007	0	1		7,24	2,57			8,94			2,050	
	0	2		8,80	3,01			8,38		0,003	0,689	0,92
	0	3		11,28	1,17		1,87	0,40	1,47	0,005	0,699	1,63
	0	4		18,61	3,33			7,06		0,004	0,202	1,48
	60	1		33,86			15,47	4,79	10,68	0,002	0,004	0,56
	60	2	33,08	9,19				9,04		0,001	0,333	0,44
	60	3		9,71	1,19			7,35		0,012	0,796	3,98
	60	4		44,24	17,06		13,31	13,31	0,00	0,001	0,017	0,35
	120	1		12,02	3,51		3,04	2,79	0,25	0,005	0,274	1,83
	120	2		54,32	54,93		9,67	7,26	2,40	0,001	0,016	0,33
	120	3		51,49			9,23	4,83	4,40	0,001	0,006	0,20
	120	4		17,55	3,90		3,40	2,01	1,39	0,003	0,212	0,85
	180	1	11,82	10,41	1,41	0,00	3,03	0,76	2,27	0,005	1,231	1,64
	180	2		59,64			27,21	11,66	15,54	0,001	0,013	0,47
	180	3		11,00	0,63			8,33		0,005	0,528	1,58
	180	4		54,32	37,42		10,37	5,35	5,03	0,001	0,009	0,42
21/2/2007	0	1		54,32	84,95			6,96			0,001	
	0	2		44,24	24,44		9,37	7,75	1,62	0,933	0,021	313,55
	0	3		51,49	64,91			14,72		0,630	0,007	211,76
	0	4	1,88							1,183	0,024	397,76
	60	1		59,64	75,85		17,74	13,57	4,17	0,929	0,005	312,31
	60	2	2,70	7,74			10,94	5,67	5,27	0,537	0,009	180,44
	60	3		44,24	16,65		8,75	8,75	0,00	0,002	0,042	0,76
	60	4	61,51	6,76	54,75	0,00	9,97	4,80	5,17	0,468	0,004	157,20
	120	1		49,61	19,30		8,55	5,99	2,56	0,960	0,019	322,69
	120	2		5,62	80,31		25,10	12,85	12,25	0,791	0,006	265,95
	120	3	65,36	7,66	55,22	0,00	19,31	15,44	3,87	0,467	0,005	156,86
	120	4		5,39	43,59		15,21	12,06	3,15	0,814	0,022	273,61
	180	1		59,64	58,33		15,38	6,61	8,77	2,925	0,025	983,19
	180	2		54,32	181,89		15,34	4,16	11,18	1,120	0,005	376,47
	180	3	37,99	9,51	28,48	0,00	13,88	12,67	1,21	1,137	0,021	382,07
	180	4	78,62	5,97	72,64	0,00	26,86	8,35	18,51	0,640	0,006	215,24
20/3/2007	0	1	3,21	44,83			12,53	11,37	1,16	1,692	0,036	568,74
	0	2		44,24	36,18		17,02	5,23	11,79	0,952	0,008	320,00
	0	3		54,32	52,71			7,86		0,428	0,002	144,00
	0	4		54,32	24,09		22,14	11,88	10,26	1,754	0,021	589,71
	60	1		38,08				1,84		1,459	0,002	490,49
	60	2		44,24	16,13			13,78		0,189	0,001	63,60
	60	3		54,32	0,34		19,32	19,32	0,00	3,060	0,012	1028,57
	60	4		51,49	69,73		15,10	14,39	0,71	0,392	0,003	131,76
	120	1		44,83	13,11		16,08	8,05	8,03	0,868	0,009	291,65
	120	2		59,53			13,47	6,40	7,08	1,311	0,015	440,76
	120	3		44,24	23,42		15,98	14,86	1,12	0,474	0,004	159,19
	120	4		51,49	16,65		16,00	16,00	0,00	0,416	0,006	139,83
	180	1		51,49	78,12		13,83	5,32	8,51	4,293	0,051	1442,86
	180	2		44,24	55,20		18,38	11,16	7,22	0,556	0,004	186,89
	180	3		44,83	37,49		14,60	10,61	3,99	1,135	0,008	381,40
	180	4			34,85			1,87		0,656	0,003	220,50

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
(mg L ⁻¹).....										(g mL ⁻¹)	(mm)	(g ha ⁻¹)
27/4/2007	0	1	15,89	2,55	7,38	5,96	13,27	9,23	4,04	0,268	0,008	90,20
	0	2		43,72			5,54	5,54	0,00	0,293	0,006	98,60
	0	3		4,83	49,27			7,15		0,164	0,001	55,06
	0	4		59,64	46,43		10,65	10,65	0,00	1,075	0,008	361,32
	60	1		3,48	25,91		19,11	5,24	13,87	1,316	0,015	442,51
	60	2		43,98	5,66			7,01		0,367	0,014	123,43
	60	3		25,10	7,94		8,83	7,61	1,22	0,236	0,008	79,33
	60	4		51,49	72,67			10,94		0,204	0,003	68,66
	120	1		43,25	1,40		3,48	7,14	3,66	0,257	0,005	86,27
	120	2		42,38			10,28	10,28	0,00	0,426	0,008	143,06
	120	3		5,20	3,29		15,30	8,99	6,31	0,190	0,005	63,87
	120	4		43,72	5,96		12,42	8,46	3,95	0,676	0,011	227,29
	180	1	69,89	6,29	63,60	0,00	18,32	15,92	2,39	0,686	0,007	230,72
	180	2		44,83	48,17			9,84		0,307	0,003	103,06
	180	3		9,87	1,45		5,83	3,30	2,53	0,228	0,005	76,57
	180	4		6,38	42,08			9,75		0,323	0,003	108,40
9/5/2007	0	1		18,93				9,88		0,139	0,007	46,61
	0	2										
	0	3		8,41				9,92		0,061	0,004	20,50
	0	4		8,27	3,16			13,02		0,007	0,002	2,22
	60	1	10,71	6,74	1,87	2,09		7,99		0,035	0,007	11,76
	60	2		4,67	4,52			9,20		0,150	0,008	50,42
	60	3		4,77	3,01			2,93		0,008	0,003	2,76
	60	4		6,13	3,92			6,94		0,032	0,004	10,89
	120	1		19,68				8,86		0,044	0,009	14,79
	120	2										
	120	3		7,58	3,00		4,62	3,34	1,29	0,040	0,005	13,45
	120	4		8,83	1,75			6,57		0,060	0,003	20,17
	180	1	26,99	8,72	10,09	8,18		9,39		0,012	0,004	3,90
	180	2										
	180	3		5,56	4,40			11,63		0,029	0,003	9,88
	180	4		5,33	3,45			5,20		0,024	0,001	8,07
21/5/2007	0	1		21,18				17,56		0,128	0,011	43,03
	0	2		8,46	1,95			8,82		0,065	0,008	21,84
	0	3		12,92				6,02		0,060	0,008	20,17
	0	4		6,35				6,22		0,062	0,009	20,97
	60	1		22,29				3,23		0,070	0,010	23,56
	60	2		6,85	1,30			4,32			0,017	
	60	3		22,87				6,40		0,073	0,009	24,47
	60	4	23,75	7,66			2,33	0,76	1,57	0,076	0,009	25,41
	120	1		41,12				4,33		0,090	0,009	30,12
	120	2		5,90	1,12			4,98			0,006	0,00
	120	3		6,10	2,93			7,28		0,015	0,013	5,14
	120	4		9,95	0,97			9,86		0,034	0,014	11,40
	180	1		37,35			6,38	6,38	0,00	0,064	0,007	21,51
	180	2		11,83	1,98		2,21	0,97	1,24	0,068	0,006	22,99
	180	3		10,26	1,16			7,46		0,108	0,009	36,30
	180	4		12,41				8,06		0,076	0,006	25,55

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....										(g mL ⁻¹)	(mm)	(g ha ⁻¹)
22/5/2007	0	1		6,78				5,93		0,036	0,003	12,10
	0	2		7,66	2,92			4,47		0,026	0,002	8,74
	0	3		8,14	1,59			4,87		0,025	0,003	8,39
	0	4	14,08	4,68	1,12	8,28	1,82	0,00	1,82	0,026	0,004	8,74
	60	1		16,57	1,15			5,00		0,042	0,004	14,28
	60	2	10,72	7,60	1,25	1,87		6,37		0,050	0,007	16,78
	60	3	24,50	14,54	9,96	0,00		5,93		0,022	0,004	7,53
	60	4		5,69	1,34			4,14		0,026	0,004	8,71
	120	1		26,00				5,98		0,059	0,003	19,76
	120	2		6,56	1,13			8,14		0,019	0,002	6,45
	120	3		4,69	1,30			8,32		0,008	0,006	2,55
	120	4		5,36	1,27			7,44		0,027	0,006	9,14
	180	1		28,63				9,10		0,033	0,002	11,09
	180	2		8,34	1,17			3,41		0,007	0,002	2,35
	180	3			0,92					0,023	0,001	7,66
	180	4		7,35	1,10			17,77		0,026	0,003	8,61
17/7/2007	0	1		57,24	4,82		12,70	8,29	4,42	0,078	0,004	26,25
	0	2		51,88	25,94			6,06		0,135	0,002	45,38
	0	3		58,27	22,36		6,65	3,98	2,67	0,223	0,006	75,03
	0	4		58,27	2,26			4,90		0,102	0,004	34,42
	60	1		59,53	19,75		16,32	11,65	4,68	0,227	0,004	76,32
	60	2		35,31	1,53			4,26		0,040	0,011	13,39
	60	3		58,27	3,51		14,53	14,40	0,14	0,120	0,003	40,20
	60	4		40,93	1,70		3,20	3,19	0,01	0,054	0,004	18,00
	120	1		58,27	39,16		8,80	2,87	5,93	0,325	0,004	109,24
	120	2								0,058	0,001	19,50
	120	3		28,04	0,68			12,67		0,061	0,006	20,57
	120	4		39,54	6,10			3,89		0,198	0,012	66,64
	180	1		58,27	3,18			16,75		0,114	0,002	38,18
	180	2		58,27	2,21			18,97		0,066	0,002	22,18
	180	3		40,40	0,49			9,34		0,064	0,005	21,48
	180	4		54,32	71,83			22,49		0,140	0,002	47,06
24/7/2007	0	1		25,26	0,32		6,65	6,65	0,00	0,144	0,007	48,40
	0	2		47,99	1,14		12,05	9,16	2,89	0,134	0,005	45,18
	0	3		56,23	0,77		3,44	2,37	1,07	0,141	0,007	47,54
	0	4		26,60	0,14			15,53		0,096	0,010	32,27
	60	1		25,62			8,57	8,49	0,08	0,271	0,009	91,00
	60	2		4,93	0,23			9,51		0,147	0,015	49,48
	60	3		18,81	0,89		4,56	4,56	0,00	0,145	0,009	48,59
	60	4		26,92	0,28			12,50		0,092	0,008	30,92
	120	1		51,49	20,35		12,93	8,85	4,08	0,257	0,004	86,52
	120	2		56,23	1,59		11,27	4,42	6,85	0,061	0,003	20,57
	120	3	19,26	12,37	5,72	1,17		15,17		0,058	0,012	19,58
	120	4		22,05	0,25			6,37		0,083	0,012	27,75
	180	1		57,24	0,58		13,09	2,86	10,23	0,078	0,004	26,22
	180	2		58,27	0,48		11,32	7,37	3,95	0,109	0,005	36,57
	180	3		38,66	0,78			25,43		0,042	0,004	14,25
	180	4		45,56	0,85		9,48	4,30	5,19	0,166	0,008	55,66

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....											(mm)	(g ha ⁻¹)
25/7/2007	0	1		16,11	1,63			5,12		0,019	0,003	6,27
	0	2		57,24	0,25			6,70		0,044	0,002	14,92
	0	3		30,62	0,08			8,50		0,055	0,003	18,55
	0	4		10,72				7,71		0,048	0,006	16,00
	60	1		28,55	0,15			5,22		0,038	0,003	12,64
	60	2		8,18	0,00			4,02		0,022	0,006	7,50
	60	3		24,91	2,12			2,60		0,028	0,002	9,41
	60	4								0,022	0,001	7,39
	120	1								0,039	0,001	13,18
	120	2								0,008	0,001	2,82
	120	3		56,23	0,34			9,13		0,054	0,003	18,12
	120	4		13,55	0,00			6,78		0,012	0,004	4,03
	180	1										
	180	2		27,45				5,61			0,002	
	180	3								0,024	0,001	8,00
	180	4		34,68	2,47			7,55		0,040	0,001	13,31
12/10/2007	0	1										
	0	2		7,20						0,097	0,030	96,81
	0	3										
	0	4		1,19						0,645	0,403	645,38
	60	1										
	60	2										
	60	3										
	60	4										
	120	1										
	120	2										
	120	3										
	120	4										
	180	1										
	180	2										
	180	3		15,99						0,076	0,009	76,24
	180	4										
5/11/2007	0	1		5,64			30,40	27,46	2,94	0,402	0,003	135,06
	0	2						11,04			0,001	
	0	3		46,18				11,11		0,167	0,001	56,20
	0	4		18,16							0,003	
	60	1		34,62							0,003	
	60	2		12,54						0,280	0,005	94,12
	60	3						27,51			0,001	
	60	4		5,80	0,17		9,39	8,61	0,77	0,145	0,005	48,86
	120	1										
	120	2										
	120	3	3,92							0,170	0,003	57,14
	120	4	51,81				14,88	9,48	5,40	0,605	0,007	203,29
	180	1										
	180	2		16,22	10,03					0,147	0,003	49,41
	180	3										
	180	4						13,81			0,001	

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
			(mg L ⁻¹)					(g mL ⁻¹)		(mm)	(g ha ⁻¹)	
14/11/2007	0	1	23,23				21,54	12,08	9,46	0,570	0,008	191,60
	0	2		8,23			9,32	4,89	4,43	0,260	0,017	87,39
	0	3	32,74	13,96	0,10	18,68	10,99	3,52	7,47	0,277	0,007	93,18
	0	4		15,70			9,43	3,48	5,95	0,326	0,013	109,55
	60	1		56,03			21,72	15,87	5,85	1,870	0,019	628,44
	60	2		5,96			9,20	9,20	0,00	0,180	0,010	60,50
	60	3		14,08				6,79		0,324	0,018	108,91
	60	4		5,43			1,77	0,62	1,15	0,230	0,014	77,18
	120	1	12,30	10,60	0,37	1,33		25,53		0,807	0,017	271,22
	120	2		5,72			8,70	6,21	2,49	0,312	0,024	105,01
	120	3	21,58	2,87	1,53	17,18		12,75		0,237	0,015	79,70
	120	4		31,67			12,28	4,99	7,29	0,165	0,010	55,34
	180	1		8,02				24,80		0,447	0,010	150,24
	180	2	31,40	12,33	5,14	13,93	10,86	6,27	4,60	0,106	0,005	35,76
	180	3		33,61			15,62	2,90	12,72	0,795	0,009	267,29
	180	4		4,92			7,26	7,26	0,00	0,343	0,013	115,36
10/12/2007	0	1		7,93			1,15	0,70	0,46	0,148	0,370	147,90
	0	2		16,14			2,04	0,42	1,62	0,085	0,030	84,71
	0	3		3,66			1,28	0,90	0,38	0,108	0,269	107,56
	0	4		1,98				5,75		0,645	0,403	135,58
	60	1		55,31			13,32	1,25	12,07	0,082	0,019	82,23
	60	2		4,79				5,24		0,978	0,815	978,15
	60	3		20,06						0,027	0,007	26,86
	60	4		22,49			3,32	2,96	0,36	0,058	0,021	58,35
	120	1		3,24				18,51		0,188	0,235	188,24
	120	2		10,72						0,034	0,017	33,61
	120	3	15,37	6,10	1,10	8,16				0,081	0,101	80,67
	120	4		57,57	3,23					0,227	0,003	227,50
	180	1		2,73			1,72	0,32	1,40		0,269	
	180	2										
	180	3						5,98			0,009	
	180	4		26,83				46,16		0,118	0,013	117,51
13/12/2007	0	1		24,30	3,29			4,38			0,002	
	0	2	48,85	11,49	1,87	35,49	2,53	0,77	1,76	0,024	0,003	23,53
	0	3										
	0	4		28,92						0,069	0,012	69,27
	60	1	68,33	56,75	5,31	6,27	13,23	0,25	12,98	0,098	0,005	98,15
	60	2		10,46				2,48		0,022	0,001	22,18
	60	3									0,001	
	60	4	53,76	16,16	1,37	36,23	2,10	0,18	1,91	0,043	0,005	43,03
	120	1		6,39				14,20		0,060	0,010	59,70
	120	2		7,61						0,018	0,004	18,49
	120	3	55,90	2,17	7,30	46,43		7,40		0,050	0,010	50,34
	120	4										
	180	1	44,21	7,24	0,06	36,91	2,54	0,72	1,82	0,062	0,006	62,23
	180	2										
	180	3		28,92	1,26					0,013	0,002	13,31
	180	4										

continuação

ANEXO 1 – Concentrações de nitrogênio total (NT), amônio (N-NH₄), nitrato (N-NO₃), nitrogênio particulado (NP), fósforo total (PT), fósforo solúvel (PS), fósforo particulado (PP) e sedimento (SD), perdas de água e de solo nas doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino por blocos e no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

DATA	DOSE	BLOCO	NT	NH ₄	NO ₃	NP	PT	PS	PP	SD	ÁGUA	SOLO
.....(mg L ⁻¹).....										(g mL ⁻¹)	(mm)	(g ha ⁻¹)
14/2/2008	0	1		27,47	2,97		33,32	24,72	8,61	0,499	0,006	499,14
	0	2		29,43	14,57			12,90		0,106	0,008	105,59
	0	3		8,54	12,93			28,25		0,138	0,003	138,35
	0	4		2,99	26,86			14,69		0,067	0,014	67,26
	60	1		42,19	0,83		28,23	23,13	5,10	0,585	0,010	584,87
	60	2		12,71	2,18			22,07		0,301	0,003	301,18
	60	3		34,56	1,34			28,36		0,381	0,009	381,18
	60	4										
	120	1		30,04	1,11		30,92	30,92	0,00	0,231	0,006	231,33
	120	2		4,11	1,19					0,288	0,011	287,82
	120	3		12,29			34,89	24,38	10,51	0,177	0,005	177,25
	120	4						5,97			0,000	
	180	1		5,60	2,49		24,12	24,12	0,00	0,135	0,004	135,46
	180	2						11,72		0,140	0,001	140,24
	180	3		4,74	5,27			13,49		0,831	0,002	830,52
	180	4		10,07	10,69					0,308	0,005	308,35
25/2/2008	0	1		56,75			17,61	16,81	0,80	0,852	0,005	851,87
	0	2		7,11	4,10		15,68	6,75	8,93	0,292	0,005	292,24
	0	3		33,61	0,80		12,10	4,73	7,36	0,064	0,006	64,00
	0	4	39,05	3,44	16,66	18,95	14,40	11,50	2,90	0,223	0,010	223,02
	60	1	12,88	11,31	1,57	0,00				0,429	0,014	429,12
	60	2		22,62	1,69		23,87	10,00	13,87	0,270	0,004	269,77
	60	3	34,75	34,11	0,64	0,00	16,18	10,27	5,91	0,498	0,011	497,88
	60	4		35,22			18,92	14,09	4,83	0,768	0,006	768,38
	120	1		34,62			32,23	4,66	27,57	0,325	0,003	325,38
	120	2	40,18	34,11	4,61	1,46	23,98	15,70	8,27	0,259	0,010	259,44
	120	3	31,27	4,28	20,47	6,52	14,92	14,70	0,22	0,231	0,005	230,62
	120	4	40,66	34,11	6,55	0,00	17,56	5,24	12,32	0,184	0,004	183,93
	180	1						40,03		0,018	0,001	17,88
	180	2		35,22				5,73		0,267	0,002	266,82
	180	3		34,62	1,31		17,51	8,61	8,90	0,228	0,004	227,76
	180	4		34,62	2,40		15,68	15,68	0,00	0,300	0,010	300,10
27/3/2008	0	1		1,66				27,71		0,166		165,71
	0	2		17,32	37,68			26,14		0,020	0,002	20,17
	0	3		1,84	3,06			22,78		0,232	0,002	232,34
	0	4		11,35	55,06					0,021	0,003	20,71
	60	1										
	60	2		5,24			28,74	17,46	11,29	0,550	0,010	549,65
	60	3		4,76				21,80		0,188	0,002	188,24
	60	4										
	120	1		43,53	4,50					0,229	0,003	228,57
	120	2		1,54	7,45					0,045	0,003	45,18
	120	3		6,16	39,91		28,08	28,08	0,00	0,937	0,004	936,52
	120	4										
	180	1		15,46	30,63		17,22	16,83	0,39	0,135	0,004	135,33
	180	2										
	180	3		2,66				40,60		0,404	0,003	404,44
	180	4										

continuação

ANEXO 2 – Valores de a, b e c da equação das regressões para as perdas acumuladas de água, solo, carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

$$\text{Equação: } y = \frac{ax^b}{(c^b + x^b)}$$

PERDAS ACUMULADAS	DOSE	a	b	c	R ²
ÁGUA	0	2,1471	29,0015	266,42	0,93
	60	1,346	3,2193	374,85	0,91
	120	0,6963	2,6763	484,83	0,93
	180	1,2199	36,95	261,39	0,97
SOLO	0	3725,23	3,0164	413,96	0,96
	60	132,203	1,9094	321452,899	0,95
	120	745665866,9	1,7359	94276,72	0,94
	180	4158,96	2,71	454,81	0,93
CARBONO	0	719,987	20,6821	266,7527	0,98
	60	647,01	4,2069	321,5665	0,95
	120	336,71	6,917	283,04	0,98
	180	676,91	16,2084	272,05	0,98
AMÔNIO	0	187,2017	29,8487	265,7079	0,98
	60	108,17	5,559	287,7971	0,95
	120	84,8148	6,5712	272,2403	0,98
	180	162,1801	27,2713	262,2101	0,98
NITRATO	0	61,0418	31,9475	263,6613	0,98
	60	24,2797	19,2794	267,2855	0,99
	120	24,2776	22,7309	271,112	0,98
	180	99,4608	32,1751	258,7038	0,97
NITROGÊNIO PARTICULADO	0	4,7609	14,24	571,2167	0,95
	60	578,7424	107,609	578,7424	0,97
	120	2,8319	35,7023	600,0487	0,97
	180	449051,55	1,0391	94454692,7	0,81
NITROGÊNIO TOTAL	0	8,6722	16,3729	565,498	0,96
	60	14,73	23,7348	570,758	0,97
	120	8,7947	25,2339	600,2485	0,93
	180	7,6509	4,3594	293,6202	0,92
FÓSFORO TOTAL	0	17,9341	3,2528	333,75	0,97
	60	8891768,68	1,5257	3886855,29	0,90
	120	16,1552	4,0345	291,3125	0,92
	180	29,1376	8,5279	284,0497	0,95
FÓSFORO SOLÚVEL	0	137,0036	39,9806	262,697	0,99
	60	90,9879	31,3857	260,6624	0,95
	120	231,2237	2,9226	886,3047	0,91
	180	69,2563	55,9003	257,3776	0,97
FÓSFORO PARTICULADO	0	8,4276	3,8661	302,1873	0,98
	60	5572602,85	1,3862	12399550,05	0,91
	120	6,1313	4,3771	258,7112	0,95
	180	7,9335	3,5025	318,88	0,96

ANEXO 3 – Análise estatística das regressões para as perdas de água, solo, carbono e as formas de nitrogênio e fósforo, e também das análises de concentrações de carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

PERDAS	Fonte	GL	SQ	QM	F	P
ÁGUA	Regressão	2	2,0008	1,0004	20,66	0,1516
	Residual	1	0,0484	0,0484		
	Total	3	2,0492			
SOLO	Regressão	2	0,0480	0,0240	0,0469	0,9562
	Residual	1	0,5120	0,5120		
	Total	3	0,5600	0,1867		
CARBONO	Regressão	2	74736,1504	37368,0752	0,7048	0,6442
	Residual	1	53021,3126	53021,3126		
	Total	3	127757,4631	42585,8210		
AMÔNIO	Regressão	2	8226,8148	4113,4074	32,5677	0,1230
	Residual	1	126,3034	126,3034		
	Total	3	8353,1182	2784,3727		
NITRATO	Regressão	2	3984,0707	1992,0354	39,4972	0,1118
	Residual	1	50,4349	50,4349		
	Total	3	4034,5056	1344,8352		
NITROGÊNIO TOTAL	Regressão	2	55,3717	27,6858	0,2760	0,8027
	Residual	1	100,3072	100,3072		
	Total	3	155,6789	51,8930		
NITROGÊNIO PARTICULADO	Regressão	2	15,5666	7,7833	0,1012	0,7529
	Residual	1	76,9104	76,9104		
	Total	3	92,4770	30,8257		
FÓSFORO SOLÚVEL	Regressão	2	3207,1977	1603,5988	50,4638	0,0990
	Residual	1	31,7772	31,7772		
	Total	3	3238,9749	1079,6583		
FÓSFORO PARTICULADO	Regressão	2	2,1123	1,0562	0,9811	0,5810
	Residual	1	1,0765	1,0765		
	Total	3	3,1888	1,0629		
FÓSFORO TOTAL	Regressão	2	130,4726	65,2363	3,4033	0,3579
	Residual	1	19,1688	19,1688		
	Total	3	149,6414	49,8805		

ANEXO 4 – Análise estatística das regressões para as concentrações de carbono, amônio, nitrato, nitrogênio particulado e total, fósforo solúvel, particulado e total calculadas para as doses de 0, 60, 120 e 180 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ de dejetos líquido bovino no período de 11/05/2006 a 30/04/08.

CONCENTRAÇÕES	Fonte	GL	SQ	QM	F	P
CARBONO	Regressão	2	753,446	376,723	0,10	0,9151
	Residual	1	3877,97	3877,97		
	Total	3	4631,42			
AMÔNIO	Regressão	2	94,9878	47,4939	170,26	0,0534
	Residual	1	0,2789	0,2789		
	Total	3	95,2667			
NITRATO	Regressão	2	51,1453	25,5727	14470,73	0,0058
	Residual	1	0,0017	0,2789		
	Total	3	51,1471			
NITROGÊNIO TOTAL	Regressão	2	32,0908	16,0454	0,11	0,9075
	Residual	1	149,791	149,791		
	Total	3	181,881			
NITROGÊNIO PARTICULADO	Regressão	2	4,9362	2,4681	0,38	0,7529
	Residual	1	6,4581	6,4581		
	Total	3	11,3944			
FÓSFORO SOLÚVEL	Regressão	2	4,9057	2,4529	385,2073	0,0360
	Residual	1	0,0064	0,0064		
	Total	3	4,9121			
FÓSFORO PARTICULADO	Regressão	2	0,2054	0,1027	0,1519	0,8758
	Residual	1	0,6761	0,6761		
	Total	3	0,8815			
FÓSFORO TOTAL	Regressão	2	15,7010	7,8505	1,8098	0,4653
	Residual	1	4,3378	4,3378		
	Total	3	20,0388	6,6796		